

L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE COMME VECTEUR DE DÉPLOIEMENT DE L'ÉLECTRIFICATION  
DES TRANSPORTS DE PERSONNES : QUELLES AVENUES POUR LE QUÉBEC ?

Par  
Claudette Choinière

Essai présenté au Centre de formation en environnement et développement durable  
en vue de l'obtention du grade de maîtrise en environnement (M. Env.)

Sous la direction d'Hélène Gervais

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Septembre 2020

## SOMMAIRE

Mots clés : électrification des transports, économie circulaire, véhicules électriques, transport de personnes, stratégies de circularité, consommation et approvisionnement responsables, écoconception, développement durable, Québec.

L'objectif de cet essai est de déterminer quelles seraient les meilleures approches d'économie circulaire pour un déploiement écoresponsable du transport électrifié de personnes, au Québec. L'électrification des transports a été l'approche stratégique privilégiée par le gouvernement provincial dès la première décennie du millénaire pour lutter contre les changements climatiques et réduire les émissions de gaz à effet de serre, tout en contribuant au développement économique. Bien que l'électrification des transports ait connu depuis 2015 un essor indéniable au Québec, la cible de 100 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables immatriculés dans la province en 2020 n'est pas en voie d'être atteinte. Il s'avère que des enjeux touchant toutes les sphères de la société et dépassant le cadre des actions étatiques en matière d'électrification des transports ont émergé depuis la mise en œuvre des diverses politiques à cet égard. En effet, malgré les avantages indéniables qu'offrent les véhicules électriques, la durabilité de la mobilité, objectif de l'électrification des transports, ne dépend pas seulement de la migration d'un parc de véhicules propulsé par des hydrocarbures à un parc de véhicules tirant son énergie de l'hydroélectricité. Le développement d'une filière industrielle de véhicules électriques performante ne se fait pas non plus sans heurts et les retombées de ce développement tardent à se matérialiser.

Pour faire face à ces enjeux, l'économie circulaire offre une approche de mise en œuvre du développement durable créatrice de richesse et respectueuse des limites planétaires. Elle a pour premier objectif de repenser les modes de production et de consommation afin de réduire les besoins en ressources et de protéger les écosystèmes qui les génèrent. Son deuxième objectif est d'optimiser l'utilisation des ressources en circulation grâce à diverses stratégies. L'analyse de diverses solutions d'économie circulaire applicables à l'électrification des transports, qu'il est possible d'agencer de manière synergique, démontre un fort potentiel de retombées positives à l'égard de la majorité des enjeux identifiés. Par conséquent, l'essai recommande d'abord à l'ensemble des parties prenantes d'adopter des pratiques de consommation et d'approvisionnement responsables. Les acteurs de la chaîne de valeur des transports électrifiés sont ensuite enjoins à conjuguer leurs efforts pour améliorer la synergie de leurs actions ainsi qu'à considérer sérieusement les stratégies d'écoconception dans leurs champs d'activités respectifs. Le gouvernement provincial et les administrations municipales, parties prenantes essentielles, sont finalement invités à poser des actions qui permettront à l'économie circulaire de favoriser un déploiement responsable de transports électrifiés répondant aux enjeux les plus probants.

## REMERCIEMENTS

La rédaction de cet essai, dans un contexte où l'actualité planétaire ne fut qu'un des aléas ayant marqué mon parcours, constitue une étape de ma vie emplies d'apprentissages de toutes sortes. La concrétisation de ce travail, étape ultime d'un parcours longtemps rêvé, n'aurait pu se produire sans l'appui généreux de quelques personnes que je tiens à remercier.

Je ne saurais débiter ces remerciements sans exprimer toute ma gratitude à ma directrice d'essai, madame Hélène Gervais. Véritable alliée, elle m'a offert un mentorat de grande qualité, empreint de confiance, d'expertise, de judicieux commentaires et de suggestions plus qu'utiles. Grâce à son écoute, sa disponibilité et son ouverture, elle m'a permis de me dépasser. Je suis extrêmement heureuse d'avoir croisé sa route et je souhaite que d'autres projets nous amènent à cheminer de nouveau ensemble.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance aux personnes-ressources qui ont accepté de répondre à mes questions et ce faisant, qui m'ont permis de valider et de raffiner ma compréhension de la réalité et des enjeux du sujet étudié. Madame Villeneuve, monsieur Breton, monsieur Lamarche, monsieur Hennekens et monsieur Matte, merci.

J'aimerais également remercier les personnes qui partagent une amitié avec moi ainsi que les collègues qui ont rejoint ce cercle. Votre contact m'aura nourrie aux moments les plus houleux, et cela, tant au sens figuré que bien souvent, au sens propre.

Un merci particulier à Blanche, François et Félix qui ont pris le temps de me relire et de calmer mes angoisses. Un infini merci à Chantal qui a soutenu de loin mon cheminement et qui n'aurait pu me faire un plus beau cadeau qu'en acceptant de mettre sa compétence et son œil de lynx au profit d'une révision porteuse de velours pour d'éventuels lecteurs et lectrices. Merci aussi à Isabelle, la meilleure alliée qui soit pour du travail impeccable, même quand les délais sont follement courts.

Finalement, une pensée pour mon père récemment décédé portera cet essai que je dédie à ma mère, une femme extraordinaire qui a su me transmettre son goût d'apprendre et ses valeurs, tout comme quelques précieux savoirs ancestraux.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. PORTRAIT ET CADRE POLITIQUE DE LA SITUATION AU QUÉBEC .....	4
1.1 Cadre politique.....	4
1.1.1 Historique des actions gouvernementales .....	5
1.1.2 Politique à venir .....	7
1.1.3 La situation en 2020 – véhicules électriques, bornes et infrastructures de recharge ....	8
1.2 Les acteurs de l'écosystème québécois des transports électrifiés .....	11
2. ENJEUX DE L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS DE PERSONNES AU QUÉBEC.....	14
2.1 Enjeux environnementaux .....	14
2.2 Enjeux sociaux.....	17
2.3 Enjeux technologiques .....	20
2.4 Enjeux économiques .....	23
2.5 Enjeux législatifs et réglementaires .....	24
2.6 Enjeux politiques et de gouvernance .....	25
3. ÉCONOMIE CIRCULAIRE : PRINCIPES ET SOLUTIONS APPLICABLES À L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS DE PERSONNES.....	29
3.1 Principes et piliers de l'économie circulaire .....	29
3.2 Les outils et les leviers de l'économie circulaire .....	34
3.3 Solutions en réponse aux enjeux de l'électrification des transports .....	36
3.3.1 Écoconception.....	36
3.3.2 Consommation et approvisionnement responsables .....	42
3.3.3 Optimisation des opérations.....	43
3.3.4 Économie collaborative.....	45
3.3.5 Location court terme .....	46
3.3.6 Entretien et réparation.....	48

3.3.7	Don et revente .....	49
3.3.8	Reconditionnement .....	49
3.3.9	Économie de fonctionnalité .....	51
3.3.10	Écologie industrielle .....	52
3.3.11	Recyclage et compostage .....	53
3.3.12	Valorisation.....	54
3.4	Combinaisons de stratégies.....	55
3.5	Synthèse des solutions utiles à l'électrification des transports et parties prenantes .....	57
4.	ANALYSE DU POTENTIEL DES SOLUTIONS IDENTIFIÉES .....	60
4.1	Limites de l'analyse .....	60
4.2	Méthodologie de l'analyse.....	61
4.3	Résultats.....	62
4.4	Interprétation des résultats .....	64
4.4.1	Interprétation des résultats dans une approche par chaîne de valeur intégrant les trois filières.....	66
5.	RECOMMANDATIONS.....	72
5.1	Recommandations à l'intention de l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur.....	73
5.1.1	Adopter des pratiques de consommation et d'approvisionnement responsables .....	73
5.2	Recommandations à l'intention des acteurs industriels et commerciaux de la chaîne de valeur.....	75
5.2.1	Assurer la pérennité de Propulsion Québec et renforcer son pouvoir de conseil.....	75
5.2.2	Intégrer les plateformes de mobilité et de collaboration dans un guichet unique .....	76
5.2.3	Considérer sérieusement les stratégies d'écoconception des batteries, des véhicules électriques, des bornes et des infrastructures de recharge.....	76
5.3	Recommandations à l'intention du gouvernement provincial et des administrations municipales .....	79
5.3.1	Soutenir l'innovation jusqu'à la commercialisation et protéger les champions.....	79

5.3.2	Appuyer davantage le ministère responsable des questions environnementales .....	80
5.3.3	Intensifier la collaboration avec les municipalités et les régions, et à travers elles, avec les citoyens individuels et corporatifs.....	81
5.3.4	Faire des municipalités des laboratoires d'économie circulaire, notamment appliquée aux transports électrifiés et à la mobilité .....	81
5.3.5	Utiliser en temps opportun les outils législatifs et règlementaires.....	81
CONCLUSION .....		85
RÉFÉRENCES.....		88
ANNEXE 1 - CHRONOLOGIE DES POLITIQUES ET DES PLANS D'ACTION EN ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS AU QUÉBEC .....		107
ANNEXE 2 - LISTE DES MEMBRES DE PROPULSION QUÉBEC .....		114
ANNEXE 3 - GRILLE D'ANALYSE DÉTAILLÉE DES FREINS ET LEVIERS.....		116

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1 Progression du nombre de véhicules électriques au Québec au 31 mars 2020 .....	10
Figure 1.2 Partenaires de la campagne Roulons électrique 2020 .....	12
Figure 2.1 Analyse des impacts sur les ressources minérales .....	15
Figure 3.1 Schéma de l'économie circulaire .....	30
Figure 3.2 Voiture modulaire eMOC .....	38
Figure 3.3 Chaîne de valeur circulaire, secteurs transports et énergie .....	56
Tableau 1.1 Synthèse des plans d'action et des stratégies relatifs à l'électrification des transports, 2006 à 2020.....	5
Tableau 1.2 Nombre de véhicules électriques et de bornes de recharge au Québec, au 31 décembre 2019 .....	11
Tableau 2.1 Politiques publiques relatives aux véhicules électriques dans les principales régions du globe.....	26
Tableau 3.1 Les douze stratégies de l'économie circulaire .....	31
Tableau 3.2 Les outils et les leviers de l'économie circulaire.....	34
Tableau 3.3 Solutions d'économie circulaire retenues et principales parties prenantes concernées .....	57
Tableau 4.1 Description des critères et du système de notation.....	61
Tableau 4.2 Résultats de l'analyse multicritère.....	63
Tableau 4.3 Solutions obtenant les meilleurs pointages.....	65
Tableau 4.4 Solutions et résultats, approche par chaîne de valeur intégrant les trois filières .....	69
Tableau 4.5 Solutions obtenant les meilleurs pointages, approche par chaîne de valeur intégrant les trois filières.....	70

## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ARPAC	Association des recycleurs de pièces d’autos et de camions du Québec
AVÉQ	Association des Véhicules Électriques du Québec
BRCC	Borne de recharge rapide en courant continu
CGFV	Conseil de gestion du Fonds vert
CIRAIG	Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services
CPEQ	Conseil Patronal de l’Environnement du Québec
CPQ	Conseil du patronat du Québec
EC	Économie circulaire
G\$	Milliards de dollars
GES	Gaz à effet de serre
Groupe GMT	Groupe de recherche en Gestion et mondialisation de la technologie de Polytechnique Montréal
IEA	<i>International Energy Agency</i>
Institut EDDEC	Institut de l’environnement, du développement durable et de l’économie circulaire
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
IRVE	Infrastructure(s) de recharge pour véhicule(s) électrique(s)
km	Kilomètre(s)
kW	Kilowatt(s)
kWh	Kilowattheure(s)
M[\$]	Million(s) [de dollar(s)]
MAAS	<i>Mobility-as-a-Service</i>
MCS	Minéraux critiques et stratégiques
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MDDEP	Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs



MELCC	Ministère de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MERN	Ministère de l’Énergie et des Ressources naturelles
MTMDET	Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l’Électrification des transports
MTQ	Ministère des Transports du Québec
OQLF	Office québécois de la langue française
PACC	Plan d’action sur les changements climatiques
PMD	Politique de mobilité durable
REP	Responsabilité élargie des producteurs
TEQ	Transition énergétique Québec
V2B	<i>Vehicle-to-building</i> , du véhicule au bâtiment
V2G	<i>Vehicle-to-grid</i> , du véhicule au réseau
V2H	<i>Vehicle-to-home</i> , du véhicule à la maison
VCI	Véhicule(s) à combustion interne
VE	Véhicule(s) électrique(s)
VEE	Véhicule(s) entièrement électrique(s)
VH	Véhicule(s) hybride(s)
VHR	Véhicule(s) hybride(s) rechargeable(s)
VZE	Véhicule(s) zéro émission
WEF	<i>World Economic Forum</i>

## LEXIQUE

Borne de recharge rapide en courant continu	« Borne de recharge qui fonctionne à une tension électrique d’au moins 200 volts, en courant continu. » (Office québécois de la langue française [OQLF], 2018a)
CHAdemo	« CHAdemo est le nom commercial d’une méthode de recharge rapide pour les véhicules électriques à batterie offrant jusqu’à 62,5 kW de haute tension à courant continu via un raccord électrique spécial. Il est proposé comme un standard de l’industrie mondiale par une association du même nom. CHAdemo est une abréviation de “chargé de mouvement”, équivalent à “charger pour déplacer”. Le nom est un jeu de mots pour <i>o cha demo ikaga desuka</i> en japonais, traduit [...] comme “que diriez-vous du thé ?” se référant au temps qu’il faudrait pour charger une voiture. » (Association des véhicules électriques du Québec [AVÉQ], 2018)
Décarbonation	« Ensemble des mesures et techniques mises en place en vue de limiter l’utilisation des hydrocarbures comme sources d’énergie. [...] La décarbonation, qui vise à réduire l’empreinte de carbone d’un secteur d’activité, s’opère généralement en remplaçant les hydrocarbures utilisés lors de la production des produits, ou de leur fonctionnement, par une source d’énergie qui n’entraîne pas d’émissions de gaz à effet de serre. » (OQLF, 2015)
Développement durable	« Développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s’appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement. » (OQLF, 2020a)
Durable	« Se dit d’un objet, d’une action ou d’une activité qui vise à satisfaire à des principes de respect à long terme de l’environnement physique, social et économique. » (OQLF, 2020b)
Électrification des transports	« Ensemble des actions visant à privilégier, dans une communauté, les transports fonctionnant principalement à l’électricité. [...] L’électrification des transports concerne les véhicules qui fonctionnent en totalité ou en partie à l’électricité provenant du réseau électrique, et qui servent au transport privé (voiture électrique, scouteur électrique, etc.) et au transport en commun (rame de tramway, autobus électrique, etc.), de même que l’ensemble des infrastructures nécessaires permettant le déplacement des personnes et des marchandises au moyen des véhicules électriques. L’électrification des transports peut également se traduire par la mise en œuvre de mesures encourageant la recherche et l’essor des entreprises en lien avec ce domaine. » (OQLF, 2018b)
Électromobiliste	« Expression pour nommer de façon plus explicite une personne qui conduit, opère un véhicule électrique (électromobile). » (AVÉQ, 2018)

Électromobilité	« Expression pour désigner la mobilité utilisant un moyen de transport utilisant l'énergie électrique. » (AVÉQ, 2018)
Infrastructure	« Ensemble des installations fixes nécessaires au fonctionnement d'un service de transport. » (OQLF, 1970)
Mobilité durable	« Approche de la mobilité axée sur la mise en œuvre de politiques d'aménagement et de gestion du territoire destinées à satisfaire les besoins de libre déplacement des membres d'une société, dans une perspective de développement durable. » (OQLF, 2017)
<i>Mobility-as-a-Service</i>	« La mobilité en tant que service est une offre numérique dite tout-en-un qui donne accès à l'ensemble des moyens de transport par le biais d'une seule application sur téléphone intelligent. Aucun acronyme n'existe encore en français. » (Propulsion Québec, 2020c)
Norme SAE J1772	« Les exigences de la norme SAE J1772 relatives au couplage de charge conducteur pour les véhicules électriques portent sur la configuration du connecteur et le protocole de communications entre le [véhicule électrique] et la borne. Les normes de conception du circuit électrique sont essentiellement basées sur les normes NEC 625, UL 2231 et UL 2594. La norme SAE J1772 prévoit en outre une protection contre les risques d'électrification. » (Hydro-Québec, 2015)
Norme SAE J1772 Combo	« Les exigences de la norme J1772 Combo sont beaucoup plus complexes. Par exemple, l'alimentation du [véhicule électrique] en courant continu exige une isolation supérieure du câble de puissance [...]. En outre, le protocole de communications entre le [véhicule électrique] et la borne doit être à l'épreuve des phénomènes transitoires tels que les courts-circuits et les décharges électrostatiques. » (Hydro-Québec, 2015)
Norme véhicules zéro émission	« Norme entrée en vigueur en 2018. Les constructeurs assujettis [doivent] accumuler des crédits en fournissant des véhicules zéro émission ou des véhicules à faibles émissions aux Québécois. Plus les véhicules seront performants en mode zéro émission, plus ils donneront de crédits. Le pourcentage de crédits obligatoires [est] calculé en fonction de la quantité totale de véhicules automobiles neufs vendus ou loués au Québec. Les constructeurs [doivent] accumuler leurs crédits à partir de l'année modèle 2018. » (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC], 2017, 18 décembre)
Recharge de niveau 1 en courant alternatif	« Recharge d'un véhicule électrique effectuée au moyen d'une borne de recharge de niveau 1 en courant alternatif ou à partir d'une prise traditionnelle à courant alternatif d'une tension électrique de 120 volts. » (OQLF, 2018c)

Recharge de niveau 2 en courant alternatif	« Recharge d'un véhicule électrique effectuée au moyen d'une borne de recharge de niveau 2 en courant alternatif. [...] La recharge de niveau 2 en courant alternatif s'effectue à une tension électrique de 208 ou de 240 volts. » (OQLF, 2018d)
Responsable	« Synonyme : écoresponsable. Se dit d'une personne physique ou morale, d'un comportement ou d'une activité qui tient compte de principes de respect à long terme de l'environnement physique, social et économique. » (OQLF, 2020c)
<i>Smart grid(s)</i>	« Réseau électrique intelligent, permettant le partage d'énergie. Se décline en trois variantes, soit du véhicule à la maison – <i>Vehicle-to-home</i> (V2H), du véhicule au bâtiment – <i>Vehicle-to-building</i> (V2B) ou du véhicule au réseau – <i>Vehicle-to-grid</i> (V2G). » (AVÉQ, 2018, 30 novembre)
Véhicule électrique	« Véhicule qui est mû à l'aide de l'énergie électrique. [...] Les véhicules électriques peuvent avoir une source d'énergie électrique embarquée (par exemple les véhicules électriques à batterie, les véhicules hybrides électriques ou les véhicules électriques à pile à combustible) ou être connectés au réseau (par exemple le métro ou le tramway). » (OQLF, 2020d)
Véhicule hybride	« Véhicule qui est mû par plus d'un type d'énergie. [...] Généralement, l'énergie utilisée par un véhicule hybride pour se mouvoir est produite par l'association d'un moteur à combustion interne et d'un moteur électrique. » (OQLF, 2020e)
Véhicule hybride rechargeable	« Véhicule hybride qui possède une batterie d'accumulateurs rechargeable à partir d'un réseau électrique. [...] La batterie d'accumulateurs d'un véhicule hybride rechargeable peut généralement être rechargée directement sur le réseau électrique domestique. » (OQLF, 2020f)
Voiturage en solo	« Utilisation, par une seule personne à la fois, d'une voiture particulière pour effectuer un trajet routinier. » (OQLF, 2010)

## INTRODUCTION

À l'aube de la décennie 2020, le plus récent bilan sur l'état de l'énergie au Québec (Whitmore et Pineau, 2020) rapporte que les tendances énergétiques provinciales actuelles ne sont pas rassurantes. En effet, malgré de notables initiatives d'électrification des transports et de développement de biocarburants, la consommation de produits pétroliers s'est accrue de 10 % de 2013 à 2018. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) demeurent à peu près constantes depuis 2014 puisqu'en 2017, la réduction par rapport au niveau de 1990 n'était que de 9 %.

En contrepartie, la consommation d'énergie est demeurée aux mêmes niveaux depuis 2010, malgré une croissance de la population et de l'économie. En résulte une diminution de 32 % de l'intensité énergétique entre 1990 et 2017, qui illustre la capacité du Québec à créer plus de richesse en utilisant moins d'énergie. Ce constat, bien que positif, ne doit cependant pas éclipser ceux du bilan 2020 sur l'état de l'énergie au Québec : l'atteinte à l'horizon 2030 des cibles de réduction de 40 % de consommation de pétrole par rapport à 2013 et de 37,5 % d'émission de GES par rapport à 1990 n'est pas envisageable si le cours normal des choses se poursuit. « Nous devons donc effectuer un virage majeur d'ici 2030 si nous voulons atteindre ces cibles énergétiques. » (Whitmore et Pineau, 2020)

La *Loi sur le développement durable* adoptée par le gouvernement du Québec en 2006 a pavé la voie au développement d'objectifs ambitieux qui trouvent écho dans toutes les sphères de la société québécoise. L'approche stratégique adoptée à cet égard par le gouvernement incluait dès la fin des années 2000 l'électrification des transports dans ses perspectives de développement (Durand et al., 2014). C'est ainsi que depuis plus de 15 ans la réduction des émissions liées au transport, la plus importante source de GES du Québec, est l'objet de mesures spécifiques, insérées dans divers plans d'action et politiques.

Bien que l'électrification des transports ait connu depuis 2015 un essor indéniable au Québec, la cible historique visée de 100 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables immatriculés dans la province à la fin de l'année 2020 n'est pas en voie d'être atteinte, avec 76 357 enregistrements au 30 juin 2020 (Association des Véhicules Électriques du Québec [AVÉQ], 2020c).

Il s'avère que l'électrification des transports de personnes comporte des enjeux liés notamment aux véhicules électriques (VE) eux-mêmes, aux équipements et aux technologies requis pour leur fonctionnement (batteries, bornes de recharge), ainsi qu'à des aspects comportementaux. L'économie circulaire (EC) pourrait constituer un moyen de faire face à ces enjeux.

En effet, l'EC est une approche de mise en œuvre du développement durable permettant de créer de la richesse autrement, tout en respectant les limites de la planète. Elle a pour premier objectif de repenser les modes de production et de consommation afin de réduire les besoins en ressources et de protéger les écosystèmes qui les génèrent. Son deuxième objectif est d'optimiser l'utilisation des ressources en circulation grâce à diverses stratégies. (RECYC-QUÉBEC, s. d.) À la lumière des difficultés rencontrées dans l'atteinte des objectifs de réduction d'émissions de GES et d'électrification des transports, l'EC semble porteuse de voies intéressantes pour effectuer le virage nécessaire, et de plus en plus urgent, en regard de ces questions.

L'objectif général de cet essai est donc de déterminer quelles seraient les meilleures approches d'économie circulaire pour un déploiement écoresponsable du transport électrifié de personnes, au Québec. Pour y parvenir, quatre objectifs spécifiques ont été établis. Tout d'abord, faire le portrait de l'électrification des transports de personnes au Québec et analyser les enjeux (environnementaux, sociaux, technologiques, économiques, législatifs et règlementaires ainsi que politiques et de gouvernance) liés à son déploiement actuel et futur. En second lieu, documenter les bonnes pratiques, stratégies et solutions locales et nationales d'électrification des transports, qui seront complétées au besoin par des exemples d'ailleurs dans le monde, dans une perspective d'économie circulaire. Ensuite, évaluer, parmi les stratégies et les solutions de circularité documentées, quelles sont les meilleures approches d'électrification des transports comme moyen de mise en œuvre d'un développement durable. Finalement, formuler des recommandations visant à favoriser un essor écoresponsable des transports électrifiés au Québec, en lien avec les enjeux les plus importants préalablement identifiés relativement au transport de personnes.

Les sources utilisées pour la réalisation de cet essai ont été sélectionnées selon des critères de fiabilité, de validité, d'exactitude, de crédibilité, d'objectivité et d'actualité. Attendu que le sujet de l'essai met en lien des orientations étatiques et le concept relativement nouveau d'EC, tout en comportant une dimension s'inscrivant dans l'actualité provinciale, les sources consultées sont variées. Les documents officiels du gouvernement du Québec et d'organismes publics, des documents et des analyses scientifiques ainsi que des travaux universitaires ont été consultés. Des références provenant de divers groupes et organisations spécialisés dans les questions environnementales ou plus spécifiquement d'électrification des transports ont aussi été utilisées. Des analyses et des prises de position d'experts des questions étudiées, issues de publications spécialisées et de l'actualité ont complété la recherche documentaire pour explorer les multiples facettes à considérer. Dans tous les cas, la qualité des sources n'a pas été négligée et chacun des enjeux identifiés a été, dans la mesure du possible, contre-vérifié à l'aide d'autres sources traitant du même sujet ou d'un sujet apparenté. Enfin, des personnes-ressources ont été consultées pour compléter la collecte de

connaissances fines relatives à la situation et aux enjeux qui prévalent au Québec, ainsi que pour valider les éléments n'ayant pas été l'objet de travaux spécifiques répondant aux questions de recherche de cet essai.

Le premier chapitre présente le cadre politique entourant la question de l'électrification des transports au Québec et dresse le portrait historique des actions gouvernementales menées à cet égard. Le point est fait sur les étapes politiques à venir, suivi d'une synthèse de la situation relative au déploiement des transports électrifiés en termes de nombre de VE et d'infrastructures de recharge pour ces véhicules (IRVE). Les principaux acteurs et parties prenantes de l'électrification des transports sont identifiés pour compléter ce chapitre. Le deuxième chapitre s'attarde aux principaux enjeux environnementaux, sociaux, technologiques, économiques, législatifs et réglementaires, ainsi que politiques et de gouvernance liés au déploiement du transport électrifié de personnes au Québec. Le troisième chapitre présente les principes et les piliers de l'EC pour ensuite faire état de diverses solutions issues des stratégies possibles, en réponse aux principaux enjeux québécois de l'électrification des transports préalablement identifiés. Au quatrième chapitre, les solutions recensées sont analysées à l'aide de critères multiples dans le but de constater lesquelles sont les plus abouties et d'identifier celles qui nécessitent le plus d'attention pour générer leur potentiel dans le contexte actuel québécois. Cette analyse permettra de porter un regard plus critique sur la situation en intégrant les principaux éléments identifiés dans l'essai. Des recommandations seront formulées au cinquième chapitre, à l'intention des principales parties prenantes à la question de l'électrification des transports de personnes au Québec.

## **1. PORTRAIT ET CADRE POLITIQUE DE LA SITUATION AU QUÉBEC**

L'électrification des transports est une des mesures phares mises de l'avant depuis le tournant du millénaire afin de diminuer les émissions de GES de la province, conformément aux engagements pris à la fois par le Canada et les différents gouvernements provinciaux s'étant succédé depuis. Afin de dégager les principaux enjeux pertinents pour l'analyse de la problématique de l'électrification des transports sous l'éclairage de l'économie circulaire, il convient tout d'abord de faire un survol du contexte politique et de la chronologie de la situation au Québec. Ce tour d'horizon permettra aussi de mettre en lumière les principales parties prenantes impliquées.

### **1.1 Cadre politique**

Le secteur de l'hydroélectricité est un incontournable au Québec. En effet, ce qui a été appelé la « Révolution tranquille » des années 1960 s'est notamment articulé autour du développement d'une certaine souveraineté énergétique, principalement basée sur l'hydroélectricité. Dans une logique pragmatique de maximisation économique des ressources énergétiques, la nationalisation de l'électricité (Lévesque, 1986) a permis le développement d'une expertise reconnue et d'une capacité de production qui fait l'envie du monde entier (Gouvernement du Québec, 2013). Les effets de la nationalisation de l'électricité vont cependant plus loin que les aspects économiques. Le déroulement de l'histoire révèle que les grands chantiers ayant découlé de cette période de changements auront permis un essor considérable dans toutes les sphères de la société, dont ont profité tous les Québécois et Québécoises. L'idée d'être « maîtres chez nous », regorgeant d'images en opposition à une précédente « grande noirceur » (Lévesque, 1986), a suscité des changements d'attitude qui ont permis d'étendre les coûts-bénéfices de cette orientation des politiques énergétiques à l'ensemble des secteurs et des groupes du Québec. Appuyée sur les succès technologiques et économiques auxquels elle a concouru, Hydro-Québec est devenue une institution étatique. Acteur primordial du sous-système régissant les politiques énergétiques (Shanahan, Jones, McBeth et Radaeli, 2010; voir aussi Sabatier et Weible, 2007), la société d'État est l'organe principal à travers lequel le gouvernement fait vivre non seulement sa politique énergétique, mais aussi, très souvent, le développement économique (Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs [MDDEP], 2012; Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports [MTMDET], 2018a; Ministère des Transports du Québec [MTQ], 2015). L'hydroélectricité, dans son sens large, a ainsi pris une place incontournable dans la culture, les valeurs et les processus de l'État québécois (Beaulieu, 2016; Lévesque, 1986). Cette place, ce rôle particulier, influence indubitablement les discours et les orientations politiques (Shanahan, Jones, McBeth et Radaeli, 2010; voir aussi Sabatier et Weible, 2007). Tous les gouvernements des 60 dernières années ont donc tablé sur l'hydroélectricité comme moteur de développement économique et social, en toute logique ainsi qu'en



toute connaissance du pouvoir politique conféré par l’attachement historique au potentiel du secteur (Beaulieu, 2016; voir aussi Downs, 1957).

### 1.1.1 Historique des actions gouvernementales

Dans la foulée de l’entrée en vigueur de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques en mars 1994, une volonté de stabilisation des émissions de GES souffle sur le Québec. Dès 1995, un premier Plan d’action québécois de mise en œuvre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques table sur des actions volontaires dans cet objectif (Gouvernement du Québec, 1995). Le Plan d’action québécois 2000-2002 sur les changements climatiques lui succède. Avec une approche d’intervention privilégiant encore l’autorégulation, ce plan mise sur l’exemplarité gouvernementale et l’influence de ses actions proactives pour favoriser l’action des autres groupes de la société. Dans le but de notamment « préparer le terrain et mobiliser la population et les décideurs » (Gouvernement du Québec, 2000, p. 27), des actions, des études de faisabilité, ainsi que des projets pilotes, portés par plusieurs ministères, sont prévus. Des mesures relatives au transport en commun à Montréal et à Québec visent à faire baisser les émissions de GES (Gouvernement du Québec, 2000).

À partir de 2006, des initiatives spécifiques au secteur des transports et à son électrification sont mises de l’avant et divers plans d’action en ce sens se succéderont dès lors à cette fin. Le tableau 1.1 présente la chronologie et une synthèse des faits saillants de ces plans. Il s’appuie sur une étude détaillée disponible à l’annexe 1.

**Tableau 1.1 Synthèse des plans d’action et des stratégies relatifs à l’électrification des transports, 2006 à 2020**

Éléments et références	Faits saillants	Actions spécifiques ou nouvelles concernant l’électrification des transports	Résultats
Plan d’action sur les changements climatiques 2006-2012  (Ministère du Développement durable, de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC], 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cible de réduction GES (par rapport à 1990) : 6 % à l’horizon 2012, révisé en novembre 2009 à 20 % à l’horizon 2020;</li> <li>– 61 % du budget pour le transport.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Financement pour le développement des VE et leurs composantes;</li> <li>– Amendement du Code de sécurité routière pour permettre l’accès des VE aux routes;</li> <li>– Lancement du programme Roulez électrique (remboursement de taxe à l’achat).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 6 000 VE, véhicules hybrides rechargeables (VHR) et bornes de recharge financés;</li> <li>– Plus de 300 taxis ou voitures électriques en autopartage subventionnés;</li> <li>– GES du secteur des transports sont passés de 40 % à 44,7 % pour la période.</li> </ul>

**Tableau 1.1 Synthèse des plans d'action et des stratégies relatifs à l'électrification des transports,  
2006 à 2020 (suite)**

Éléments et références	Faits saillants	Actions spécifiques ou nouvelles concernant l'électrification des transports	Résultats
Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques  (Gouvernement du Québec, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Développer un nouveau système de mobilité durable;</li> <li>– Développer la filière industrielle des véhicules électriques (tripler les emplois);</li> <li>– Développer les marchés extérieurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Objectifs VE immatriculés : 300 000 en 2020, 1,2 M en 2030;</li> <li>– Bonification des subventions à l'achat de VE et bornes (programme Roulez électrique);</li> <li>– Instauration de privilèges liés à la plaque verte.</li> </ul>	Bilan à venir.
Stratégie en électrification des transports 2013-2017  (Gouvernement du Québec, 2013).	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Prioriser les emplois, le développement de la filière;</li> <li>– Conjuguer mobilité et aménagement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Prolongation du programme Roulez électrique pour quintupler le nombre de VE en 3 ans;</li> <li>– Déploiement de 5 000 bornes.</li> </ul>	Aucun bilan publié.
Plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020 (PACC 2013-2020)  (MDDEP, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nouvelle cible de réduction GES (vs 1990) : 37,5 % à l'horizon 2030 et 95 % à l'horizon 2050;</li> <li>– Promouvoir les transports alternatifs et collectifs;</li> <li>– Verdir le parc automobile;</li> <li>– Optimiser les transports par logistique et intermodalité.</li> </ul>	Identification des municipalités comme partenaires incontournables.	Bilan à venir.
Plan d'action en électrification des transports 2015 – 2020  (MTQ, 2015)	Faire du Québec « un chef de file de l'utilisation de moyens de transport propulsés par l'électricité et un précurseur en matière de mobilité durable ».	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Objectifs VE immatriculés : 100 000 en 2020, 300 000 en 2026;</li> <li>– Inclusion des citoyens, entreprises, organismes, centres d'expertise et acteurs industriels du secteur des transports;</li> <li>– Création du programme Branché au travail (aide financière pour bornes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Adoption de la <i>Loi</i> et de la norme véhicules zéro émission (VZE) en 2016, entrée en vigueur en 2018;</li> <li>– Création de Propulsion Québec (grappe industrielle des véhicules électriques et intelligents du Québec) le 20 avril 2017.</li> </ul> <p>Bilan à venir.</p>
Politique de mobilité durable – 2030 (PMD 2030)  (MTMDET, 2018a, 2018b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Appliquer l'approche « Réduire-Transférer-Améliorer »;</li> <li>– Diminuer de 20 % la part du voiturage en solo à l'échelle nationale, à l'horizon 2030;</li> <li>– Réduire de 40 % la consommation de pétrole du secteur des transports sous le niveau de 2013, à l'horizon 2030.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Création des Chantiers de la grappe industrielle des véhicules électriques et intelligents;</li> <li>– Inclusion de groupes et de municipalités pour tenir compte des réalités régionales;</li> <li>– Expression de la volonté de cesser les sous-investissements dans les transports collectifs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Application de la norme VZE (en 2018).</li> </ul> <p>Bilan à venir</p>

### 1.1.2 Politique à venir

Le 1<sup>er</sup> novembre 2019, un nouveau gouvernement, élu aux élections générales du 1<sup>er</sup> octobre 2018, déposait le projet de loi no 44. Ce projet de loi annonçait un remaniement en profondeur des structures de gestion des programmes d'électrification des transports, d'efficacité énergétique et de financement, pour en faire des moteurs de développement économique. (Charette, 2019) Par cette loi, le ministre de l'Environnement aura pour mandat l'élaboration d'une politique-cadre en la matière, que tous les ministères et organismes devront suivre (Journet, 2019, 5 novembre; Shields et Crête, 2019, 1 novembre). « Ce projet de loi prévoit que le Fonds vert deviendra le Fonds d'électrification et de changements climatiques. » (Gouvernement du Québec, 2020, page A8, note 1) Dans le processus d'élaboration de cette politique-cadre, des consultations publiques, un appel à mémoires et des travaux interministériels ont été menés de juin à octobre 2019 afin d'arrimer les actions, les politiques et les stratégies de lutte aux changements climatiques (Gaïa presse, 2019 17 juin; Radio-Canada, 2019, 3 septembre). Ainsi, le « “plan d'action” climatique du ministre [devait] être annoncé au début de 2020 » (Shields et Crête, 2019, 1 novembre).

Or, au début de l'année 2020, la pandémie de la COVID-19 est venue chambouler les calendriers des travaux ministériels. Le 10 mars 2020, en pleine incertitude économique, le gouvernement dévoile toutefois un plan budgétaire pour 2020-2021 qui vise à assurer un « leadership fort » avec des investissements en environnement de 6,7 G\$ au cours des six prochaines années (Gouvernement du Québec, 2020, p. A5). Ces montants d'investissement sont le double de ceux du PACC 2013-2020 (526 M\$ par année). L'ajout de crédits budgétaires au cadre financier vise à soutenir les actions des divers ministères en transport collectif et en électrification des transports (Propulsion Québec, 2020a). « Pour la première fois, les sommes qui seront consacrées au transport collectif et celles qui seront injectées dans le réseau routier laissent entrevoir un équilibre. » (Cabinet du ministre responsable de l'Administration gouvernementale et président du Conseil du trésor, 2020) Le budget provincial 2020-2021 est ainsi « en premier lieu [...] l'occasion pour le gouvernement de présenter le premier plan de mise en œuvre de la Politique-cadre d'électrification et de lutte contre les changements climatiques » (Gouvernement du Québec, 2020, p. A5).

De plus, confiant que la diminution des coûts des batteries et l'augmentation constante de leur autonomie feront en sorte que les consommateurs optent pour des VE, le gouvernement estime par ailleurs qu'un accroissement de l'utilisation des transports collectifs contribuera à la diminution du nombre de véhicules sur les routes du Québec (Gouvernement du Québec, 2020, p. B9).

Avec 69 % (3,8 M\$) du budget de la politique-cadre alloué au secteur des transports, le programme Roulez vert (anciennement nommé Roulez électrique) sera prolongé pour cinq ans, soit jusqu'au 31 mars 2026. La recherche, l'innovation ainsi que le développement de produits innovants dans l'industrie des VE seront

soutenus à hauteur de 27 M\$ sur cinq ans. La filière de recyclage des batteries de VE obtiendra 18 M\$ pour son développement. Le plan budgétaire est complété par l'allocation de 90 M\$ à la mise en valeur des minéraux critiques et stratégiques (MCS) priorités, soit le lithium, le cobalt, le graphite, les terres rares, le niobium et le titane. Cette mise en valeur vise à augmenter le niveau de connaissances, l'éducation et la sensibilisation sur les MCS, ainsi qu'à promouvoir leur potentiel. L'innovation, tout comme le développement de l'expertise et des chaînes de valeur y étant associées seront favorisés. Le désir de « structurer une chaîne de valeur complète de l'électrification des transports, de l'extraction du minerai à la fabrication de véhicules et au recyclage des batteries » (Investissement Québec, 2020, 3 février) s'est vu appuyé dès juin 2020, avec la reprise des discussions en lien avec la filière des batteries. De plus, Investissement Québec prévoit que de 4 à 6 G\$ d'investissements étrangers y seront faits, de la mine de lithium jusqu'au recyclage des batteries. (Décarie, 2020, 18 juin)

Finalement, une réduction des importations d'hydrocarbures de 7 %, pour une valeur de 1 G\$, améliorerait d'autant la balance commerciale du Québec. Les actions prévues pour arriver à cette réduction visent en même temps à « contribuer au développement de la filière verte, du recyclage et de pratiques environnementales exemplaires ». (Gouvernement du Québec, 2020, section B)

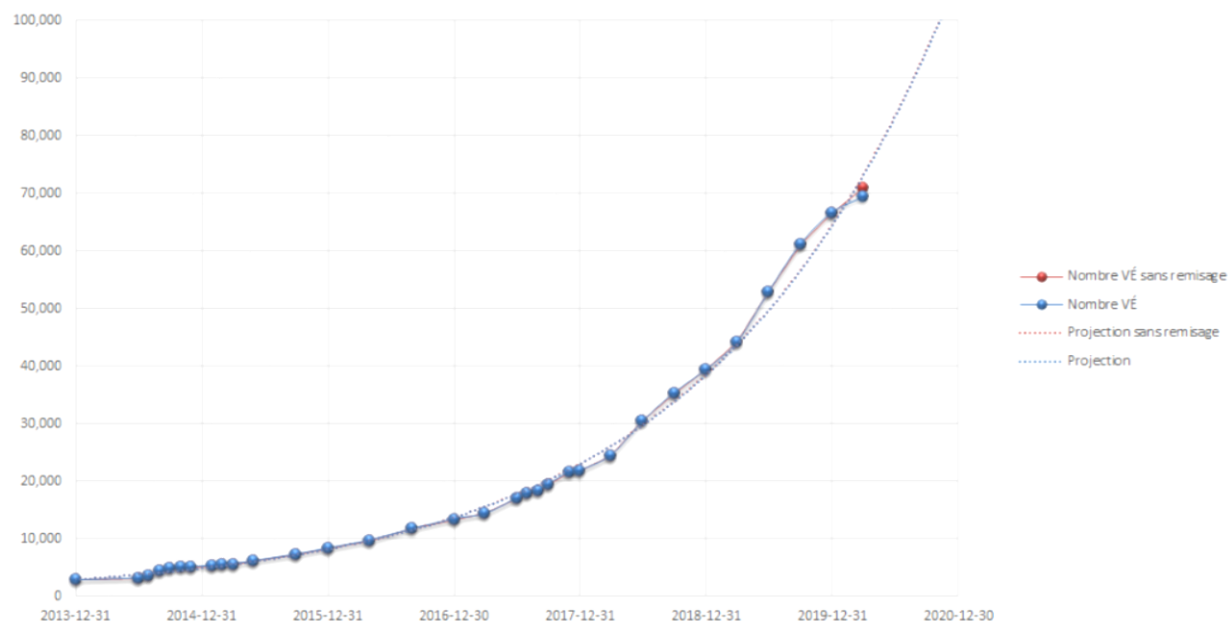
### **1.1.3 La situation en 2020 – véhicules électriques, bornes et infrastructures de recharge**

En date de mai 2020, les personnes intéressées à se procurer un VE peuvent obtenir des rabais à l'achat allant jusqu'à 8 000 \$ (programme Roulez vert), auquel s'ajoute un incitatif fédéral pouvant aller jusqu'à 5 000 \$. Le prix de détail suggéré par le fabricant ne doit pas dépasser 60 000 \$ depuis le 1<sup>er</sup> avril 2020. Un remboursement pouvant atteindre 600 \$ est offert pour l'achat et l'installation d'une borne de recharge à domicile (Transition énergétique Québec [TEQ], 2019a). La plaque d'immatriculation de couleur verte réservée aux VE permet l'utilisation de voies réservées et l'accès à des bornes de recharge publiques ainsi que l'emprunt gratuit des ponts des autoroutes 25 et 30. Dans certaines municipalités, d'autres avantages sont aussi prévus pour les électromobilistes, comme l'accès à certaines bornes privées ou municipales, et parfois la recharge est offerte gratuitement. Certains commerces offrent les mêmes avantages à leurs clients.

Pour les constructeurs automobiles, le *Règlement d'application de la loi visant l'augmentation du nombre de véhicules automobiles zéro émission au Québec afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants* – souvent appelé la norme VZE – est entré en vigueur le 11 janvier 2018. Ce règlement exige l'atteinte d'une cible de crédits qui varie selon le nombre de véhicules vendus chaque année, avec un seuil de 4 500 voitures neuves. Le nombre de crédits est calculé en fonction de l'autonomie électrique du véhicule. Le nombre de crédits exigés en 2018 était fixé à 3,5 % des ventes et ces cibles augmenteront annuellement pour atteindre 22 % en 2025. (Gouvernement du Québec, s. d.)

Malgré un départ relativement lent, les divers plans d'action et politiques mis en place ont fait en sorte que l'électrification des transports a connu un essor indéniable au Québec depuis 2015. L'année 2019 a été particulièrement positive, avec une progression annualisée de 69 % par rapport à l'année 2018. Les 27 248 véhicules ajoutés au parc de VE en 2019 constituaient 41 % de tous les VE enregistrés au Québec au début de l'année 2020. Une croissance exponentielle constante du nombre de VE sur les routes du Québec aurait à ce moment permis d'envisager l'atteinte de l'objectif de 100 000 VE à la fin de 2020. (AVÉQ, 2020a)

Cependant, la progression du nombre de VE sur les routes du Québec au premier trimestre de l'année 2020 a été affectée par la crise sanitaire relative à la COVID-19. D'abord, comme partout sur la planète, les ventes ont diminué en raison du confinement, des bouleversements de la chaîne d'approvisionnement et de la situation économique changeante. Ensuite, des institutions gouvernementales et des entreprises ont remisé leurs flottes de VE en mars, faussant ainsi les chiffres relatifs au nombre de véhicules en circulation sur les routes. Il devient donc difficile de conclure précisément sur la situation réelle (AVÉQ, 2020b) au moment de compléter cet essai, et cela représente une limite. Toutefois, la figure 1.1 permet de constater que pour atteindre les objectifs, la croissance annuelle devra être fortement exponentielle. La progression du nombre de VE au Québec pour le premier trimestre de l'année 2020, bien qu'en recul par rapport à 2019, a quand même été moins affectée que celle du marché global des véhicules selon l'analyse de l'AVÉQ (2020b). Une prochaine analyse tenant compte des résultats à la moitié de l'année (76 357 enregistrements au 30 juin 2020) ainsi que d'éventuelles corrections relativement aux VE remisés sera nécessaire pour connaître plus exactement la progression réelle du nombre de VE en circulation sur les routes du Québec.



**Figure 1.1 Progression du nombre de véhicules électriques au Québec au 31 mars 2020** (tiré de : AVÉQ, 2020b)

En ce qui concerne la recharge des VE, la majorité se fait à la maison grâce aux chargeurs de niveau 1 (120 volts) fournis avec la voiture ou avec des bornes de niveau 2 (240 volts), qu'il est possible d'installer dans les résidences. Les limites de cette recherche n'ont pas permis de trouver le nombre de ces bornes en utilisation. Toutefois, de sa création en 2012 au 31 janvier 2020, le programme Roulez vert a accordé 27 269 remboursements pour des bornes de recharge à domicile (TEQ, 2020).

Quant à la recharge publique, elle peut se faire dans l'un des réseaux, dont les plus importants sont le Circuit électrique et le réseau FLO. Petro-Canada, EVDuty et ChargePoint sont des réseaux complémentaires et il existe aussi des bornes mises à disposition par des entreprises ou des individus. Le Circuit électrique est géré par Hydro-Québec et propose sur la rue, dans des stationnements de commerces, ainsi que le long des autoroutes, des bornes de niveau 2 (240 volts) ou des bornes de recharge rapide à courant continu (400 volts), aussi appelées BRCC (AVÉQ, s. d.b). En 2019, l'offre de bornes de recharge rapide à courant continu (BRCC) du Circuit électrique a augmenté de 60 % et celles-ci sont accessibles dans quelque 150 nouveaux postes de ravitaillement (AVÉQ, 2020a). Une application mobile permet de localiser les bornes du Circuit électrique et du réseau FLO, qui sont interopérables, de même qu'avec le réseau ChargePoint (bornes au Canada et aux États-Unis). Quant au réseau Petro-Canada, il s'est mis en place en 2019 et comportera 50 BRCC réparties tout au long de l'autoroute transcanadienne (AVÉQ, 2019, 16 février), dont 7 au Québec (Barlow et Nadeau, 2020, 4 mars).

Finalement, le réseau Tesla propose des bornes dans des endroits stratégiquement situés à proximité de commerces et de restaurants ou de points d'accès Wi-Fi. Ces bornes ne sont utilisables que pour charger une Tesla, leur connecteur n'étant pas compatible avec d'autres véhicules. (Tesla, 2020) Il y a au Québec 13 stations de recharge rapide comprenant chacune plusieurs bornes ainsi que de nombreuses stations de recharge standard (Barlow et Nadeau, 2020, 4 mars).

L'application québécoise ChargeHub permet de localiser toutes les bornes de chargement publiques en Amérique du Nord. Elle permet aussi de rendre sa borne de domicile disponible aux autres propriétaires de VE et d'appliquer des conditions pour son utilisation. (AVÉQ, s. d.b)

Le tableau 1.2 présente une synthèse du nombre de VE, de véhicules hybrides (VH), de VHR et de bornes au Québec, selon les données les plus récentes et précises disponibles dans les limites de ce travail, soit au 31 décembre 2019. Le nombre et la valeur des rabais à l'achat accordés par le programme Roulez vert, depuis ses débuts en 2012, complètent le tableau pour les éléments concernés.

**Tableau 1.2 Nombre de véhicules électriques et de bornes de recharge au Québec, au 31 décembre 2019** (compilé à partir de : AVÉQ, 2020a; TEQ, 2020)

<b>Nombre de VE, VH, VHR (en circulation)</b>	<b>Rabais à l'achat accordés, totaux depuis 2012</b>
66 639	Nombre : 81 196 Valeur : 429 470 716 \$
<b>Nombre de bornes à domicile</b>	
Total inconnu	Nombre : 27 269 Valeur : 15 273 338 \$
<b>Bornes, divers réseaux</b>	<b>Nombre</b>
Réseau public, total	5 446
Circuit électrique	Niveau 2 : 2 333 BRCC : 299
Réseau FLO	5 350
Total BRCC au Québec	397
Superchargeurs Tesla	157

## 1.2 Les acteurs de l'écosystème québécois des transports électrifiés

Comme le démontre l'évolution des divers plans d'action et politiques, ainsi que des études portant sur ce mouvement (Desgagné-Wells, 2020; Dussault, 2013; Labrosse-Lapensée, 2017; Ménigault, 2014), il est généralement admis que l'électrification des transports ne saurait à elle seule supporter un véritable virage

vers une réelle durabilité des transports, malgré les avantages indéniablement intéressants qu'elle présente. Les mesures de soutien et le financement consentis aux différents acteurs œuvrant dans l'électrification des transports ont permis le développement de l'expertise provinciale en la matière. C'est ainsi que l'électrification au sens large tend à se conjuguer à d'autres actions telles que le développement de la mobilité durable ou partagée pour répondre aux impératifs de viabilité, de vivabilité et d'équité du développement durable.

Les acteurs qui gravitent dans le secteur de l'électrification des transports sont nombreux. La grappe des transports électriques et intelligents Propulsion Québec a été créée le 20 avril 2017 des suites des travaux d'un comité consultatif mis en place par le gouvernement du Québec, en lien avec les priorités du plan d'action en électrification des transports 2015-2020 (Propulsion Québec, s. d.a). Propulsion Québec comptait ainsi, au 31 décembre 2019, 142 membres, répartis dans les secteurs industriels (74), institutionnels (47), utilisateurs-opérateurs (13) et autres (8) (Propulsion Québec, s. d.b). Un portail collaboratif en ligne depuis avril 2019 permet à ces organisations d'être en lien, de partager des informations et de concerter leurs actions. Propulsion Québec est de ce fait une partie prenante très importante, puisqu'elle est en contact étroit avec l'ensemble des acteurs de la province. Ces groupes et organisations (voir l'annexe 2 pour la liste complète) sont tous à leur tour des parties prenantes, en plus des citoyens, des municipalités, des gouvernements fédéral et provincial, ainsi que des autres organisations gravitant dans le secteur des transports, de la mobilité et de la recherche.

Un autre important regroupement de parties prenantes est constitué des partenaires de la campagne Roulons électrique, coordonnée par Équiterre et soutenue financièrement par Transition énergétique Québec. Ces partenaires, pour l'édition 2020, sont présentés à la figure 1.2.



**Figure 1.2 Partenaires de la campagne Roulons électrique 2020** (tiré de : Équiterre, 2019. p. 49)



Tous ces acteurs travaillent de façon plus ou moins concertée pour une transformation des transports au Québec. Le besoin de coordination des efforts est très largement souligné dans l'ensemble des documents et communications émis par ces entités, tout comme le mettent en lumière les divers plans et stratégies gouvernementales.

Ce survol de l'évolution de l'électrification des transports permet d'entrevoir la coexistence de nombreux enjeux transversaux touchant l'environnement, la société, la technologie, l'économie, les lois et règlements ainsi que la politique et la gouvernance. Le prochain chapitre s'attardera à identifier quels enjeux sont plus particulièrement liés au déploiement actuel et futur de transports électrifiés.

## **2. ENJEUX DE L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS DE PERSONNES AU QUÉBEC**

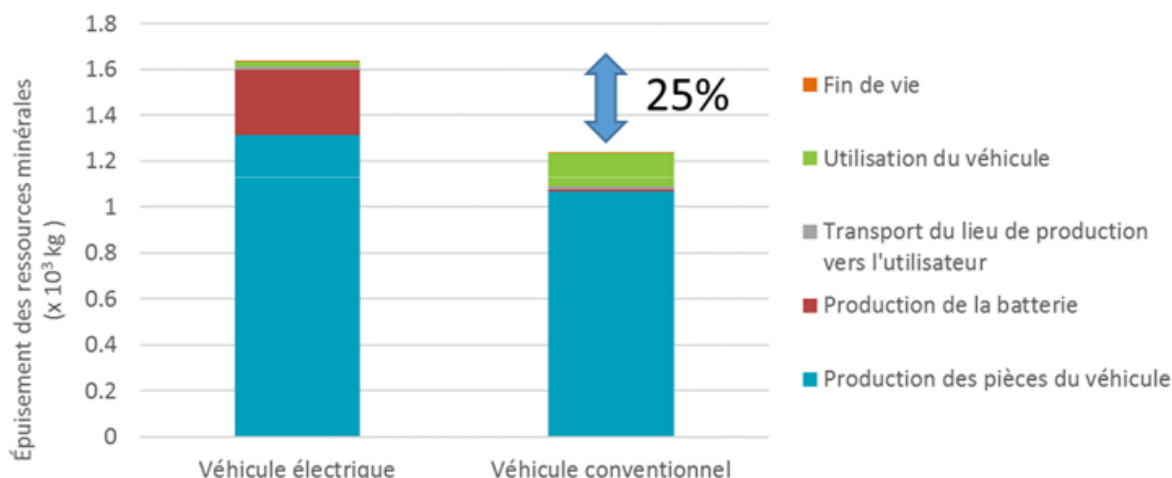
En plus d'être généralement interreliés, les enjeux relatifs à l'électrification des transports au Québec se déclinent à différents niveaux dans toutes les sphères de la société. Les prochaines sections s'attardent à présenter les plus importants de ces enjeux.

### **2.1 Enjeux environnementaux**

Les bonnes performances environnementales des VE, avec des émissions de GES quasi nulles en phase d'utilisation, ont été clairement démontrées et vont en s'améliorant (Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services [CIRAIG], 2016; Messagie, s. d.; Reichmuth, 2020, 11 février). Cela est particulièrement vrai au Québec, où l'électricité est à 99,8 % issue de sources renouvelables (Régie de l'énergie du Canada, 2019). Il existe toutefois des enjeux environnementaux liés au reste du cycle de vie des VE, comme leur fabrication et celle de leurs composantes, ainsi qu'aux infrastructures de recharge nécessaires à leur fonctionnement.

C'est au niveau des ressources minérales, nécessaires à la fabrication des VE, de leurs batteries et des bornes de recharge, que les VE présentent un impact environnemental potentiellement plus important que les véhicules à combustion.

Le CIRAIG a réalisé une analyse du cycle de vie comparative des impacts environnementaux potentiels du VE et du véhicule conventionnel (à combustion interne) dans un contexte d'utilisation québécois. Comme l'illustre la figure 2.1, cette analyse permet notamment de conclure qu'en regard du cycle de vie complet du véhicule conventionnel et du VE étudiés, une distance parcourue de 150 000 km permet au VE de présenter une meilleure performance environnementale, sauf pour la catégorie de l'épuisement des ressources minérales. (CIRAIG, 2016) De plus, cette étude est basée sur les données d'une batterie de 24 kWh, pour une autonomie d'environ 90 km. Les modèles récents de VE proposent des batteries de 60 kWh, permettant une autonomie d'environ 400 km. Les distances à parcourir pour compenser la dette environnementale liée à l'épuisement des ressources minérales seront d'autant plus importantes à considérer puisque plus de ressources minérales seront nécessaires à leur fabrication. (Langlois, 2019, 6 septembre)



**Figure 2.1 Analyse des impacts sur les ressources minérales** (tiré de : CIRAIG, 2016, p. vii)

Le sous-sol de la province est particulièrement riche en MCS. Le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) (2019) identifie le chrome, le cobalt, les éléments des terres rares, le graphite, le lithium, les éléments du groupe du platine, le nickel, le cadmium, le fluor, l'indium et le tellure comme étant stratégiques pour l'électrification des transports.

Conformément à sa mission de gestion et de soutien à la mise en valeur des ressources dans une perspective de développement durable, le MERN a mené une consultation publique sur ces MCS de novembre 2019 à février 2020. En contribuant à la discussion, les partenaires, citoyens et représentants du milieu sont appelés à participer à la définition des orientations gouvernementales à privilégier dans le contexte actuel. La documentation relative à cette consultation évoque les principes de l'EC dans les pistes abordées relativement au développement de la chaîne de valeur des MCS. Plusieurs autres ministères et organismes collaborent aussi à cette réflexion (ministère de l'Économie et de l'Innovation, Investissement Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et Société du Plan Nord). (MERN, s. d.b)

Le mouvement mondial actuel d'électrification des transports a déjà fait sentir les effets de la hausse de demande pour ces matières au Québec « par une augmentation de 50 % des dépenses minières pour le graphite et de 789 % pour le lithium entre 2013 et 2018 » (Lapointe, 2020, 17 février). Cette hausse des activités minières entraîne l'augmentation des impacts négatifs sur les milieux environnants. Ces activités sont notamment génératrices de la plus importante source de déchets solides au Québec, « soit plus de 20 fois la quantité de déchets domestiques destinés à l'enfouissement » et ont quadruplé en 10 ans. (Lapointe, 2020, 17 février) De plus, dans les lieux d'extraction du graphite par exemple, ces résidus acides contiennent

des métaux lourds, et leur stockage menace notamment les ressources d'eau potable tout en dégradant l'environnement naturel et les milieux fragiles. Il devient donc particulièrement important de mener des évaluations environnementales rigoureuses pour tous les projets et de permettre aux gouvernements régionaux et municipaux de protéger leurs milieux naturels ainsi que la santé des populations. La législation actuelle laisse en effet beaucoup de souplesse aux exploitants, qui doivent revoir leur exploitation afin qu'elle soit faite de manière durable et sécuritaire. (Fillion, 2020, 8 janvier; Lapointe, 2020, 17 février) Le gouvernement fait toutefois preuve d'ouverture et d'écoute à ce niveau et des commissions d'enquête, incluant des audiences publiques, ont été menées en ce sens de janvier à mai 2020 par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (s. d.), notamment en regard du projet minier Matawinie à Saint-Michel-des-Saints.

Par ailleurs, les réserves de ces matières critiques, stratégiques et non renouvelables, ne sont pas infinies. Pour certains métaux comme l'argent, le cuivre, l'étain et le cadmium, les réserves mondiales connues pourraient être épuisées avant 2050 (MERN, s. d.a). Pour le cobalt, le marché des batteries lithium-ion utilisait en 2017 environ 40 % des ressources extraites mondialement. Un VE requiert 10 kg de cobalt, soit 1 000 fois plus qu'un téléphone intelligent. (Shunmugasundaram, Lagadec, Degnarain et Wood, 2017) Les diverses politiques économiques et énergétiques ainsi que les stratégies de développement des matériaux pour batteries de VE et les plans d'électrification des transports en cours d'élaboration au Québec sont identifiés comme des mesures qui permettront de développer le secteur de l'extraction et de la transformation des MCS (MERN, s. d.a). Des stratégies d'utilisation optimale de ces ressources, misant notamment sur leur réutilisation et leur recyclage, doivent être élaborées pour assurer un développement durable de cette filière, tout en satisfaisant à la demande (Lapointe, 2020, 17 février), à laquelle « la seule augmentation de la production minière » ne saurait répondre (MERN, s. d.a, p. 7).

Les batteries au lithium couramment utilisées dans les VE sont considérées être des matières dangereuses et leur traitement en fin de vie comporte des enjeux importants. Les risques liés à leur entreposage, à leur démantèlement et à leur recyclage sont tels que les compagnies d'assurance refusent de couvrir d'éventuels dommages liés à ces activités ou exigent des sommes faramineuses pour le faire. (S. Matte, communication personnelle, 20 juillet 2020) En effet, il y a notamment des risques de combustion spontanée due aux réactions chimiques qui demeurent actives même dans des batteries qui ne sont plus utilisées. La composition de ces batteries fait en sorte qu'il est très difficile d'éteindre un feu qui s'y déclenche. Une telle situation s'est d'ailleurs produite sur la Rive-Sud de Montréal le 23 juillet 2020. Outre les dommages physiques causés par ces incendies qui sont difficilement maîtrisables, les émanations résultant de ces feux qui durent plusieurs heures sont toxiques. (Martinez, 2020, 23 juillet)

Ces risques inhérents à la composition des batteries, en plus des coûts importants liés à la récupération et au transport de ces matières lourdes et dangereuses, combinés à la faible valeur actuelle des matériaux récupérés, font en sorte que ce secteur se développe difficilement. Toutefois, le fait que les préoccupations liées à la récupération et au traitement des batteries arrivées à la fin de leur vie utile soient déjà à l'agenda des parties impliquées et du gouvernement est un point positif. Cela devrait permettre que des solutions soient trouvées rapidement, contrairement à ce qui s'est passé avec les batteries plomb-acide des véhicules à combustion interne (VCI) pour lesquelles les opérations de recyclage ne se sont organisées qu'après plus de 100 ans d'utilisation massive. (S. Matte, communication personnelle, 20 juillet 2020)

Les chargeurs et les bornes nécessaires à la recharge des VE sont quant à eux composés de divers matériaux et composantes électriques et électroniques. La durée de vie d'une BRCC est évaluée à 8 ans par Hydro-Québec (2018), et à 20 ans pour les infrastructures (Desjardins, 2018, 11 décembre), soit les installations fixes nécessaires au fonctionnement du service. Pour les autres types de bornes de recharge, il ne semble pas exister actuellement de données disponibles à cet égard. De même, aucun des manufacturiers ou distributeurs de ces équipements ne spécifie la durée de vie utile ni ne propose de piste pour le recyclage ou la façon de disposer de ces produits. Au niveau provincial, la responsabilité élargie des producteurs (REP) ne vise pas actuellement ce type de produits (RECYC-QUÉBEC, 2019). Bien que chaque VE soit livré avec son propre chargeur de niveau 1 et que le nombre de bornes de niveau supérieur est appelé à augmenter considérablement pour répondre à la demande, l'enjeu de leur gestion de fin de vie passe actuellement sous le radar, tant dans les documents d'Hydro-Québec que sur le site de son partenaire et fournisseur AddÉnergie. Il en est de même pour les autres manufacturiers de bornes québécois, selon ce qu'il a été permis de découvrir dans le cadre des recherches effectuées dans les limites de cet essai. Avec les objectifs de la Politique énergétique 2030 établis à 1 million de VE à terme, soit 20 % de la totalité des véhicules légers (Gouvernement du Québec, 2016), cet aspect représente certainement un enjeu qu'il sera important de considérer.

## **2.2 Enjeux sociaux**

Le premier Baromètre de l'action climatique du Québec, publié en 2020, révèle que 93 % des personnes sondées considèrent que leur génération est concernée par les changements climatiques et que 74 % de la population estime qu'il y a urgence d'agir à l'égard des défis climatiques. Cependant, malgré le fait que les personnes comprennent et évaluent bien les impacts liés à l'utilisation des VCI, les gestes de réduction de l'utilisation de ces véhicules sont perçus comme étant les plus difficiles à adopter. Les habitudes ainsi que la difficulté de modifier ses comportements dans le contexte actuel sont les raisons évoquées pour justifier

que moins de la moitié de la population envisage de réduire, notamment, l'utilisation de la voiture. (Champagne, St-Arnaud et Daignault, 2020)

La croissance soutenue des ventes de véhicules utilitaires sport (Whitmore et Pineau, 2020, p. 31) reflète la difficulté de modifier les comportements. Le sentiment de sécurité et de liberté, ainsi que le plaisir lié à une consommation ostentatoire ou porteuse d'images de réussite souvent associés à l'automobile individuelle (Blanchard et Nadeau, 2007; Laviolette, Morency et Waygood, 2020) semblent être plus grands que la satisfaction morale accordée aux actions climatiques. Alors, malgré un consensus sur l'urgence et la pertinence d'agir, les répondants de l'enquête perçoivent que seulement le tiers des Québécois y contribuent individuellement. Environ la moitié (51 %) d'entre eux considèrent en même temps qu'ils en font assez, et 55 % qu'ils devraient en faire plus. C'est surtout à l'égard des gouvernements et des entreprises que les attentes sont dirigées pour des actions de lutte aux changements climatiques. Par conséquent, les gestes à fort impact climatique comme la réduction de l'utilisation de la voiture tardent à être adoptés par la majorité et le tiers des Québécois ne prévoient pas en adopter de nouveaux dans les prochains mois. Sept freins psychologiques sont identifiés pour expliquer l'écart entre les préoccupations et les actions, soit : un manque de connaissance sur l'impact des choix et actions quotidiennes, une faible pression sociale pour un changement de comportement, la croyance de ne pas être affecté personnellement, l'absence de plaisir dans les actions, une perception d'incapacité de changement de comportement, l'attribution de la responsabilité à d'autres et un optimisme potentiellement trop grand. (Champagne, St-Arnaud, et Daignault, 2020)

Outre ces freins psychologiques à l'adoption des VE, plusieurs autres freins relatifs à la sphère sociale ont été soulevés. Ils sont présentés dans ce qui suit, accompagnés de commentaires pour chacun.

Un des freins au changement de comportement d'achat d'un véhicule individuel est lié à ce qui pourrait être appelé l'anxiété de distance. De peur de ne pouvoir se déplacer à leur guise par manque d'autonomie du véhicule, certaines personnes vont privilégier l'achat de modèles avec plus d'autonomie et donc, des batteries plus grosses. (The Economist, 2017, 7 septembre; International Energy Agency (IEA), 2019b, p. 111) Pourtant, Statistique Canada rapporte qu'en moyenne, en 2015, les Québécois de 15 ans et plus consacraient 1,1 heure par jour à leurs déplacements (Statistique Canada, 2020) et que 89 % des Canadiens parcouraient moins de 60 km pour l'aller-retour au travail. Pour 59 % de la population, le lieu de travail est à moins de 10 km de la maison (Statistique Canada, 2009, mise à jour 2 juin; voir aussi Breton, 2014, 14 octobre). Cette peur persiste même quand le réseau de bornes est bien développé, comme en Europe, où le réseau compte un point de charge pour cinq VE (Barlow et Nadeau, 2020, 4 mars; Deboyser, 2018, 19 septembre).

Selon d'autres analyses, le frein à passer au VE relèverait plutôt d'une offre limitée de modèles électriques hautement autonomes disponibles sur le marché (Association nationale pour le développement de la mobilité électrique, 2018; Desjardins, 2020, 24 janvier). Le seuil d'autonomie acceptable pour les électromobilistes membres de l'AVÉQ sondés en 2019 serait de 400 km (AVÉQ, 2019, 27 juin). Les modèles dits de deuxième génération répondent à ce besoin et ils ont été plus largement offerts sur le marché par les constructeurs en 2019 (Desjardins, 2020, 17 janvier). On sait aussi que les VE sont souvent la deuxième voiture d'un ménage, mais cela tendrait à diminuer (AVÉQ, 2019, 27, juin), peut-être justement à cause de l'augmentation de l'autonomie des VE. Cette perception des besoins d'autonomie et l'incertitude sur la disponibilité de points de recharge freinent toutefois encore l'abandon du pétrole dans des coins plus reculés (Desrosiers, 2019, 1 juin).

De plus, ce frein relatif à l'autonomie électrique, et qui suscite une demande pour des VE d'autonomie plus élevée, a pour inévitable corollaire le développement de plus grosses batteries, lesquelles entraînent une augmentation de ressources pour les fabriquer. Or, l'impact environnemental des batteries, qui a été démontré (CIRAIG, 2016), est un facteur qui peut aussi participer à freiner l'adoption massive des VE.

Un autre frein à surmonter par les automobilistes qui désirent faire le saut vers les VE peut être lié au fait que l'accès à un stationnement muni d'une entrée électrique ou permettant l'installation d'une borne de recharge n'est pas toujours facilement possible. Cela est notamment le cas dans les édifices multilogements et les condominiums, particulièrement nombreux dans les milieux urbains et plus densément peuplés. (Migette, Petchu, Delahaie et Debbah, 2019)

D'autres freins sont inhérents à la recharge. Ainsi, l'intégration des IRVE dans les villes présente aussi des défis. Leur nombre et leurs emplacements doivent non seulement répondre aux besoins, elles doivent aussi être intégrées au reste du mobilier urbain. Les considérations esthétiques, fonctionnelles et de sécurité doivent se conjuguer pour que le déploiement se fasse de façon harmonieuse. Un mobilier urbain comportant des poubelles, bancs, abris d'autobus, parcomètres et bornes de recharge doit demeurer à la fois fonctionnel et esthétique. Les trottoirs doivent pouvoir continuer à être utilisés facilement et agréablement par les piétons. (Caillou, 2018, 26 février)

Ces considérations liées à la recharge outrepassent le milieu urbain. En effet, ceux qui ont choisi de passer au VE sont parfois confrontés à des situations où la recharge nécessaire pour continuer leur route (en itinérance) doit être faite dans des lieux plus ou moins appropriés, où il n'y a par exemple pas de service à proximité, comme des commerces ou des restaurants. Pour les électromobilistes à mobilité réduite, le choix est d'autant limité que certaines bornes sont impossibles à utiliser s'ils se déplacent en fauteuil roulant. Les dispositifs de protection des bornes, tout comme leur conception elle-même, empêchent parfois ces

personnes d'y accéder et de les utiliser. Ces aspects semblent toutefois en voie d'être corrigés par certains opérateurs de réseaux de recharge. (Cantin, 2019, 29 novembre, 2020, 14 février)

En outre, la tarification de la recharge n'est pas uniforme dans les différents réseaux et la facturation est faite en temps (heures ou minutes) ou proposée à forfait. Les coûts de recharge en itinérance ne sont donc pas liés à la quantité d'énergie consommée puisque la réglementation actuelle fait en sorte que seule Hydro-Québec peut facturer des kWh et que les compteurs nécessaires à leur mesure doivent être certifiés par Mesures Canada. (Lamontagne, 2019, 22 octobre) Le tarif d'utilisation du service public de recharge est fixé par le gouvernement, par règlement, à 12 \$ l'heure pour l'utilisation d'une BRCC de 50 kW (*Règlement sur les tarifs d'utilisation du service public de recharge rapide pour véhicules électriques*). Ce tarif ne s'applique pas aux réseaux privés. De plus, le réseau de bornes publiques est très fragmenté et les divers réseaux qui coexistent nécessitent de multiplier les abonnements, auxquels sont nécessairement rattachés des impératifs de divulgation des informations de paiement des consommateurs (McKenna, 2019, 3 septembre). Finalement, même dans les réseaux soutenus par le programme Branché au travail, qui subventionne à 50 % les coûts d'achat et d'installation des bornes et prévoit des recharges gratuites, l'accessibilité est parfois limitée à cause d'une interprétation déficiente des paramètres encadrant l'utilisation des bornes (Ducas, 2018, 7 octobre).

D'autres défis concernent l'intermodalité. Pour ceux et celles qui voudraient limiter ou même abandonner l'utilisation d'une voiture personnelle, le niveau actuel de développement de l'intermodalité ne le permet pas toujours aisément. Les transports collectifs, l'autopartage, les taxis et les transports actifs ne sont pas organisés et articulés de manière optimale partout, rendant de fait difficile le changement de comportements. Notamment lié à l'aménagement du territoire et des interfaces reliant les divers modes de déplacements (Durand et al., 2014), le niveau global actuel d'intermodalité présente donc des enjeux. Cela est particulièrement vrai dans la grande région de Montréal, qui ne cesse de s'agrandir (Gariépy et al., 2020, 29 janvier; UNPOINTCINQ, 2019, 30 novembre).

### **2.3 Enjeux technologiques**

Les constructeurs d'automobiles ont toujours été friands d'innovation et un coup d'œil rétrospectif sur l'évolution des types et des modèles de véhicules permet de le constater. Encore maintenant, des recherches intensives sont menées sur les technologies liées aux carburants alternatifs comme l'hydrogène ou l'énergie solaire, les véhicules autonomes et même les engins volants. L'évolution est rapide et demeure d'intérêt. Par conséquent, certains constructeurs ne semblent s'intéresser aux VE que parce que cette technologie est imposée par les législateurs de nombreux pays (Lefrançois, 2019, 16 décembre). De plus, des enjeux de rentabilité liés aux coûts de développement des VE et aux législations territoriales refroidissent les ardeurs



de certains constructeurs pour ce créneau (La Presse, 2019, 4 décembre). Certains constructeurs semblent donc se limiter à offrir au marché québécois le minimum de VE exigés par la norme VZE (Barlow et Nadeau, 2020, 4 mars).

À travers ses divers programmes et plans d'action, le gouvernement provincial a déjà investi des sommes dans la recherche et le développement ainsi que dans des projets pilotes pour plusieurs voies d'innovation (biocarburants, hydrogène, technologies hybrides ou de conversion) pour le transport. Dans un contexte de transition, ces solutions complémentaires conservent sans doute leur intérêt. Toutefois, la pertinence de continuer à investir dans le créneau de l'hydrogène est parfois remise en doute, notamment à cause de l'absence d'un tissu industriel en transport qui pourrait réellement profiter d'un tel soutien et générer en bout de piste des retombées au niveau économique et de l'emploi. (AVÉQ, 2018, 19 janvier; Propulsion Québec, 2020a) Cependant, l'économie de l'hydrogène vert comme solution de décarbonation des transports est appuyée par des initiatives ambitieuses en Chine, en Allemagne, en France, au Japon, en Australie, en Norvège, en Corée du Sud, au Royaume-Uni, aux États-Unis et même au Canada, à Vancouver (Deign, 2019, 14 octobre). Dans l'éventualité où, par exemple, des piles à hydrogène plus légères et performantes à basse température étaient développées, elles présenteraient un avantage certain sur les piles électriques (Sharpe, Lutsey, Smith et Kim, 2020). De la même manière, Hydro-Québec effectue activement des travaux de recherche sur des solutions technologiques innovantes ayant notamment permis de démontrer que « la cathode d'une batterie au lithium-ion peut être rendue photosensible grâce à des molécules de colorants capables de capter la lumière » (Hydro-Québec, s. d.).

Ces avenues de développements technologiques potentiellement disruptifs laissent entrevoir qu'il existe une possibilité que les technologies faisant actuellement l'objet d'efforts de déploiement importants deviennent relativement rapidement désuètes, soit dans un horizon de 13 à 26 ans (Propulsion Québec, 2019). Certains avancent même que la batterie lithium-ion, actuellement la plus courante dans les VE, serait déjà une technologie proche de la fin, avec des recherches prometteuses sur les batteries tout-solide, sodium-ion ou lithium-soufre (Maniere, 2020, 8 mars).

En ce qui concerne les IRVE, selon le modèle de VE utilisé, différents connecteurs sont nécessaires à leur recharge. Le connecteur SAE J1772 est le connecteur standard au Canada pour les bornes de niveau 1 et 2. Les BRCC utilisent le plus couramment les connecteurs CHAdeMO (norme japonaise) et SAE Combo (norme nord-américaine), qui ne sont pas interchangeables. Quant au connecteur Tesla, il n'est compatible qu'avec les voitures de cette marque et il équipe certains chargeurs de niveau 2 ainsi que les bornes rapides Superchargeur. (AVÉQ, s. d.b) Un constructeur peut donc équiper ses VE du connecteur de son choix

puisque les normes comme celle de l'association mondiale SAE International sont volontaires (Hydro-Québec, 2015).

Les technologies de recharge sont en constante évolution et il n'existe pas actuellement de norme internationale les encadrant. Les constructeurs de VE veulent utiliser des technologies efficaces, notamment pour la recharge rapide. Déjà, en France, certains standards, comme CHAdeMO seraient susceptibles d'être abandonnés au profit d'autres, plus performants, qui se développent. (Schwoerer, 2019, 26 avril) L'arrivée de nouveaux modèles de VE, équipés de socles de recharge différents entraînerait donc l'obsolescence totale ou partielle des équipements de ravitaillement jusque-là déployés. Une telle situation a notamment eu lieu en France, où 10 000 points de recharge lente à domicile ont dû être mis à niveau pour que leurs connecteurs (de type 3) soient compatibles avec les prises (de type 2) de fabrication allemande imposées par de nouvelles directives du Parlement européen (Commission des affaires européennes, 2013).

Il existe aussi un risque d'obsolescence des diverses technologies utilisées dans les bornes de recharge elles-mêmes, qui est lié à la façon dont les différents modèles de VE vont pénétrer le marché (grosseurs de batteries, habitudes d'utilisation, etc.). Incidemment, cela influencera les besoins en termes de capacité de recharge, particulièrement de recharge résidentielle. Selon Oliver Lord, *Air Quality Manager* de la ville de Londres, les bornes de recharge super rapides de 150 kW devraient à moyen et long terme être les plus populaires, rendant obsolètes les bornes de 50 kW actuellement en déploiement. Selon la même source, ce serait d'ailleurs déjà l'avenue privilégiée par les gros joueurs de l'industrie, qui considèrent les bornes de 50 kW comme une technologie en déclin. (Lord, 2020, 30 mars)

Par ailleurs, des technologies de recharge différentes sont aussi en développement. Par exemple, la recharge par induction peut être faite à l'aide de systèmes électromagnétiques ne nécessitant pas de bornes ni de connecteurs, limitant d'autant les risques de vols et de bris ainsi que les inconvénients d'encombrement de l'espace urbain y étant associés. (The Economist, 2017, 28 octobre; Miles, 2018, 6 novembre)

Les technologies de gestion de réseaux électriques sont aussi en évolution et les divers équipements communiquent de plus en plus de façon bidirectionnelle. Parfois appelés *smart grids*, ces réseaux électriques intelligents optimisent à la fois la production et la distribution d'électricité en permettant d'une part, une recharge se modulant pour éviter les périodes de pointe et d'autre part, d'utiliser à la demande l'énergie stockée dans les VE (*vehicle-to-grid* [V2G], *vehicle-to-home* [V2H]). Combinées, ces technologies permettraient, dans une perspective mondiale globale, de diminuer jusqu'à 90 % les coûts des IRVE et de couvrir jusqu'à 65 % des besoins de stockage d'énergie en 2030. (IEA, 2019a; International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019) Les véhicules ainsi que les bornes de recharge doivent être compatibles avec ces technologies de système électrique bidirectionnel. Les LEAF de Nissan le sont depuis 2013

(AVÉQ, 2018, 30 novembre), mais les bornes vendues au Québec ne le sont pas encore (G. Lamarche, communication personnelle, 22 juin 2020).

Le réseau électrique québécois est suffisamment puissant pour soutenir l'électrification des transports selon Hydro-Québec. La société d'État travaille toutefois activement à développer l'efficacité énergétique, notamment dans sa filiale Hilo et avec son programme de gestion de la demande de puissance (Hydro-Québec, 2020, 15 mai) faisant appel à des technologies de stockage ou de gestion de l'énergie comme le V2G.

Alors, l'évolution technologique est rapide et inévitable, tant au niveau des batteries de VE que des technologies de recharge et des équipements pour le faire. Ces produits devront donc être gérés adéquatement à la fin de leur vie utile afin de ne pas diminuer les bénéfices réalisés en phase d'utilisation. Or, il n'existe pas encore au Québec de filière de récupération des batteries lithium-ion (les plus courantes dans les VE) et le secteur de leur recyclage n'est pas encore développé (Gervais, 2016; Propulsion Québec, 2019). Au niveau mondial, sept millions de tonnes de ces batteries devront être traitées d'ici à 2030 (Broom, 2019). Une toute première étude québécoise sur les enjeux et les meilleures pratiques de collecte et de recyclage de batteries lithium-ion a été lancée par Propulsion Québec en 2019. L'étude du cadre juridique en vigueur, de l'état actuel du réseau de collecte, ainsi qu'une consultation des parties prenantes concernées permettront d'analyser différents scénarios de REP (Propulsion Québec, 2019, 13 février).

Quant aux IRVE, la gestion qui en est faite se concentre actuellement plutôt sur leur déploiement. Leur fin de vie ne semble pas encore considérée, tant par les autorités gouvernementales et les opérateurs de réseaux que par la communauté scientifique, tant au Québec qu'ailleurs dans le monde. Des recherches de projets en ce sens sont restées infructueuses dans le cadre de cet essai. Cela constitue vraisemblablement un enjeu qu'il convient de considérer dans une approche de durabilité.

## **2.4 Enjeux économiques**

Les prix élevés des VE dans les années 2010, notamment liés aux coûts de production des batteries, ont peut-être contribué à une lente pénétration de ces véhicules sur le marché. Ces coûts ont cependant diminué de 87 % entre 2010 et 2019, passant de 1 100 \$ le kWh à 156 \$ le kWh. Cela devrait aider au déploiement des transports électrifiés. (Bloomberg New Energy Finance 2019, 3 décembre)

Dans les plans du gouvernement provincial, l'électrification des transports est un secteur identifié comme porteur d'un fort potentiel commercial et d'exportation, et la balance commerciale est considérée d'une importance comparable à la question environnementale de réduction des GES (Gouvernement du Québec,

2011). Selon Équiterre (2020, 28 mai), l'électrification des transports permettrait de réduire le déficit commercial et d'investir dans les services publics. En effet, en 2018, les importations associées à l'extraction et à la fabrication d'hydrocarbures représentaient 11 G\$ de la balance commerciale du Québec (Whitmore et Pineau, 2020. p. 53).

Le potentiel du secteur de l'électrification des transports au niveau du marché de l'emploi a été évalué et une étude rendue publique en juillet 2020 fait état d'un potentiel de 14 200 emplois pour le secteur des transports électriques et intelligents. L'étude souligne que le secteur spécifique des VE n'est pas susceptible de subir un plus grand déficit de main-d'œuvre que les autres industries québécoises. Dans une vision commune du gouvernement avec l'industrie, des initiatives de formation sont déjà en branle pour assurer l'adéquation entre l'offre et la demande de main-d'œuvre qualifiée, notamment d'ingénieurs. (K. Villeneuve, communication personnelle, 14 mai 2020; Propulsion Québec, 2020c)

Les programmes de subvention à l'achat et à l'installation de VE et de bornes de recharge ne précisent pas de seuils au-delà desquels ces incitatifs cesseront. De plus, aucun avantage direct n'est associé aux bornes et aux IRVE puisque leurs bénéfices économiques et environnementaux ne se matérialisent que par ceux associés aux VE dont ils supportent l'utilisation (Proulx, 2014). Il semble donc pertinent de prévoir des niveaux acceptables de coûts-bénéfices pour établir le moment où de telles subventions ne seront plus nécessaires pour assurer le déploiement de l'ensemble des IRVE. De la même manière, à plus long terme, des acteurs privés devront et voudront sans doute offrir des IRVE pour compléter le réseau public. Pour assurer la pérennité et l'efficacité du réseau, une planification et un encadrement semblent nécessaires.

Finalement, il demeure une multitude de coûts indirects liés aux transports qui doivent être considérés : les coûts liés à la congestion routière, les coûts de santé liés à la pollution atmosphérique ou encore les coûts de construction et d'entretien des infrastructures routières.

## **2.5 Enjeux législatifs et réglementaires**

En plus des enjeux législatifs et réglementaires liés aux technologies vues précédemment, le secteur des VE qui se développe doit aussi considérer certains effets pervers qui émergent.

Par exemple, comme on l'a vu, la norme sur les VZE est certainement à propos, mais elle accorde des crédits qui augmentent en même temps que la capacité des batteries. Or, les besoins réels d'autonomie seraient surestimés, à la lumière des éléments présentés précédemment. Cela constitue un enjeu à considérer, dans un contexte où les ressources minérales sont limitées et que leur utilisation se fait pour le moment dans un

modèle majoritairement linéaire puisque les structures de collecte et de recyclage des batteries, entre autres, ne sont pas développées.

De la même manière, bien que les ajustements apportés au Code du bâtiment assurent la possibilité d'installer des IRVE dans tous les logements individuels « neufs pourvus d'un garage, d'un abri pour voitures ou d'une aire de stationnement » construits à partir de 2018 (Régie du bâtiment du Québec, 2018), cela ne répond pas aux besoins de tous. En effet, seulement les maisons unifamiliales correspondent à la définition de logement individuel du règlement. Les appartements et les condominiums situés dans des immeubles en comportant plusieurs ne sont donc pas touchés par le règlement (Leblanc et Maisonneuve, 2018, 23 mars). De plus, pour les immeubles de copropriété plus anciens, les travaux touchant les parties communes, comme les stationnements, doivent être approuvés par une double majorité (50 % plus un) des copropriétaires. Comme des coûts sont impliqués et que la participation aux assemblées n'est pas toujours suffisante, cela freine le changement (Raymond, 2017, 30 août). Pour les autres immeubles, c'est le propriétaire qui doit vouloir investir pour installer des IRVE.

Finalement, comme le révèlent les travaux de Downs – qui sont encore pertinents comme cadre conceptuel pour aborder les enjeux sociopolitiques en environnement (P.-D. Blanchette, cours ENV819, hiver 2020) – il est toujours difficile pour un gouvernement de mettre en place des mesures législatives et réglementaires contraignantes. Dans l'éventualité où serait considéré par exemple un bannissement des VCI, le poids politique des décisions prises est certainement à évaluer. Le contexte et la situation (majoritaire ou minoritaire) d'un gouvernement sont aussi à prendre en compte. (Downs, 1957)

## **2.6 Enjeux politiques et de gouvernance**

La responsabilité de l'électrification des transports n'est pas exclusive aux gouvernements; la participation de l'ensemble des acteurs de la société est nécessaire à son avènement. La gouvernance étatique permet cependant de mettre en place un cadre répondant adéquatement à une partie des enjeux. Le *Global EV Outlook 2019* souligne l'influence majeure des politiques publiques sur le développement de la mobilité électrique. Comme l'illustre le tableau 2.1, le Canada fait bonne figure en ce domaine en ayant adopté l'ensemble des approches et des mesures de déploiement des VE les plus répandues (IEA, 2019a). Le Québec est particulièrement contributif avec des mesures pour chaque aspect considéré.

**Tableau 2.1 Politiques publiques relatives aux véhicules électriques dans les principales régions du globe** (tiré de : International Energy Agency [IEA], 2019a, p. 11-12)

		Canada	China	European Union	India	Japan	United States
Regulations (vehicles)	ZEV mandate	✓*	✓				✓*
	Fuel economy standards	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Incentives (vehicles)	Fiscal incentives	✓	✓	✓	✓		✓
Targets (vehicles)		✓	✓	✓	✓	✓	✓*
Industrial policies	Subsidy	✓	✓			✓	
Regulations (chargers)	Hardware standards**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Building regulations	✓*	✓*	✓	✓		✓*
Incentives (chargers)	Fiscal incentives	✓	✓	✓		✓	✓*
Targets (chargers)		✓	✓	✓	✓	✓	✓*

\* Indicates that the policy is only implemented at a state/province/local level.

\*\* Standards for chargers are a fundamental prerequisite for the development of EV supply equipment. All regions listed here have developed standards for chargers. Some (China, European Union, India) are mandating specific standards as a minimum requirement; others (Canada, Japan, United States) are not.

Notes: ZEV = zero-emissions vehicle. Check mark indicates that the policy is set at national level. Building regulations refer to an obligation to install chargers (or conduits to facilitate their future installation) in new and renovated buildings. Incentives for chargers include direct investment and purchase incentives for both public and private charging.

Toutefois, les rapports des divers comités de suivi du PACC 2013-2020 ont soulevé des enjeux importants, bien que les actions et stratégies mises en place soient dans l'ensemble tout à fait appropriées.

D'abord, le Conseil de gestion du Fonds vert (CGFV), qui avait pour mission d'encadrer la gouvernance du fonds finançant les PACC, constatait, en février 2018, des lacunes de précision au niveau des cibles, tant attendues qu'atteintes. Des manques au niveau de la recherche et de l'analyse de données relatives à la performance des actions menées rendent impossibles des suivis adéquats dans un objectif d'amélioration continue. Les façons de faire ne permettent pas d'améliorer et d'équilibrer les rendements des investissements. Sans cibles et indicateurs clairs, avec des redditions de comptes publics à critères variables et sans contrôle des frais administratifs, la pertinence des investissements et la crédibilité de la gestion du Fonds vert et des actions qu'il soutient sont mises à mal. Finalement, une faible collaboration avec les acteurs du milieu et une transparence limitée sont des enjeux à surmonter. (CGFV, 2018)

Ces constats demeurent pertinents bien que le CGFV devrait être aboli par le projet de loi no 44 et que ce devrait être le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) qui reprendra la gestion du Fonds (Shields et Crête, 2019, 1 novembre). Cette stratégie de reprise de contrôle du financement des actions de lutte aux changements climatiques et les orientations annoncées répondent à une recommandation du Comité-conseil sur les changements climatiques formulée en mars 2018. Ce comité proposait d'envisager une stratégie gouvernementale globale pour remplacer les PACC. Cette stratégie devrait être cohérente avec « la politique énergétique et les travaux de Transition énergétique Québec, la Politique de mobilité durable, une politique d'aménagement du territoire et des mesures d'écofiscalité ». Une revue complète des programmes gouvernementaux devrait donc être faite et « la lutte aux changements climatiques doit devenir une responsabilité de l'État dans son ensemble ». (Comité-conseil sur les changements climatiques, 2018, 16 mars)

Cette idée d'une vision large, cohérente et partagée, comme moteur d'efficacité, est reprise par un groupe d'acteurs influents en environnement qui souligne que les approches se font actuellement à la pièce plutôt que de façon englobante. Il est nécessaire de tenir compte des enjeux environnementaux, de transport, d'architecture, d'aménagement et d'agriculture. L'exode des grands centres que sont Montréal et Québec est en croissance (7 000 personnes par année quittent annuellement le territoire de la communauté métropolitaine de Montréal), la congestion routière (4 G\$ par année) ainsi que les émissions de GES associées augmentent, sans parler de la pression accrue sur les milieux naturels et les terres agricoles. Le cadre actuel est insuffisant pour bien baliser l'urbanisation, avec des orientations gouvernementales en révision depuis trop longtemps selon ce groupe. À titre d'exemple, le schéma d'aménagement de la Municipalité régionale de comté de Montcalm a été approuvé malgré qu'il favorise l'étalement urbain. Le futur PECC doit donc être cohérent, minimiser l'ensemble des répercussions environnementales et assurer la résilience de tous les milieux de vie québécois. (Gariépy et al, 2020, 29 janvier)

En regard de la collaboration avec les acteurs du milieu et la transparence, Caron (2019) souligne que la force des coalitions permet à l'État d'acquiescer de la légitimité et de hausser l'acceptabilité sociale de ses projets (p. 87). Pourtant, « la version publique du PACC 2013 - 2020 ne contenait aucune mention explicite de ministères ni de maîtres d'œuvre au départ ; sans compter la confidentialité du nom des officierEs » (p. 105). De plus, les budgets alloués aux actions environnementales demeurent relativement modestes (Caron, 2019, p. 11 et p. 100) et des aléas comme la pandémie de la COVID-19 induisent des pressions économiques et sociales supplémentaires, auxquelles une multitude de réponses sont possibles.

Une analyse visant à évaluer la possibilité d'un changement de paradigme en mobilité au Québec révèle de son côté que les processus de planification du grand secteur des transports sont teintés de la poursuite

simultanée de projets structurants aux effets opposés. Il en résulte que malgré l'augmentation de l'utilisation d'autres formes de mobilité, le réseau routier se développe aussi, tout comme les mobilités automobiles. Les auteurs concluent qu'un changement des paradigmes de mobilité qui inversera les tendances actuelles est difficile à faire. Pour cause, la difficulté de reconnaître même l'ampleur de la dépendance à l'automobile serait, elle, un problème qui se pose à toutes les politiques publiques, même les plus vertueuses. (Laviolette et al., 2020)

Après une analyse prospective de divers scénarios considérant des formes de mobilité alternatives relevant de l'EC, Labrosse-Lapensée (2017) constate que l'électrification n'est qu'une réponse partielle à la vraie problématique des transports. Ce sont des projets de mobilité durable, incluant la transformation de l'environnement bâti, dans une approche intégrée, qui doit permettre de diminuer le voiturage en solo. De la même manière, le directeur général de Vivre en ville estime que la voiture électrique n'est pas une panacée pour répondre aux enjeux de mobilité, notamment la congestion. Les dommages environnementaux causés par le transport demeurent insoutenables, même si les autos sont 100 % électriques. De plus, il relève une fuite commerciale importante liée aux subventions puisque 800 M\$ n'auront permis l'électrification que de moins de 2 % du parc automobile québécois. (Savard, 2019, 31 octobre et 1 novembre)

En somme, bien qu'ils ne soient pas négligeables, l'intérêt d'électrifier les transports n'est pas lié exclusivement aux enjeux du taux d'émissions de GES ou au rendement économique, auxquels il est commun de réduire la question. Le prochain chapitre permettra de voir comment l'économie circulaire pourrait contribuer à résoudre les enjeux les plus importants qui ont été identifiés.



### **3. ÉCONOMIE CIRCULAIRE : PRINCIPES ET SOLUTIONS APPLICABLES À L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS DE PERSONNES**

Le secteur des transports au sens large est énorme et composé d'une multitude de liens qui touchent à peu près tous les aspects de la vie au Québec. De la même manière, les enjeux liés au déploiement des transports électrifiés sont aussi présents à divers niveaux, comme le fait ressortir la section précédente. Certains de ces liens et de ces enjeux sont cependant plus particulièrement pertinents à retenir dans le cadre de cette analyse visant à voir comment les stratégies et les outils de l'EC pourraient contribuer à favoriser la durabilité de l'électrification des transports de personnes.

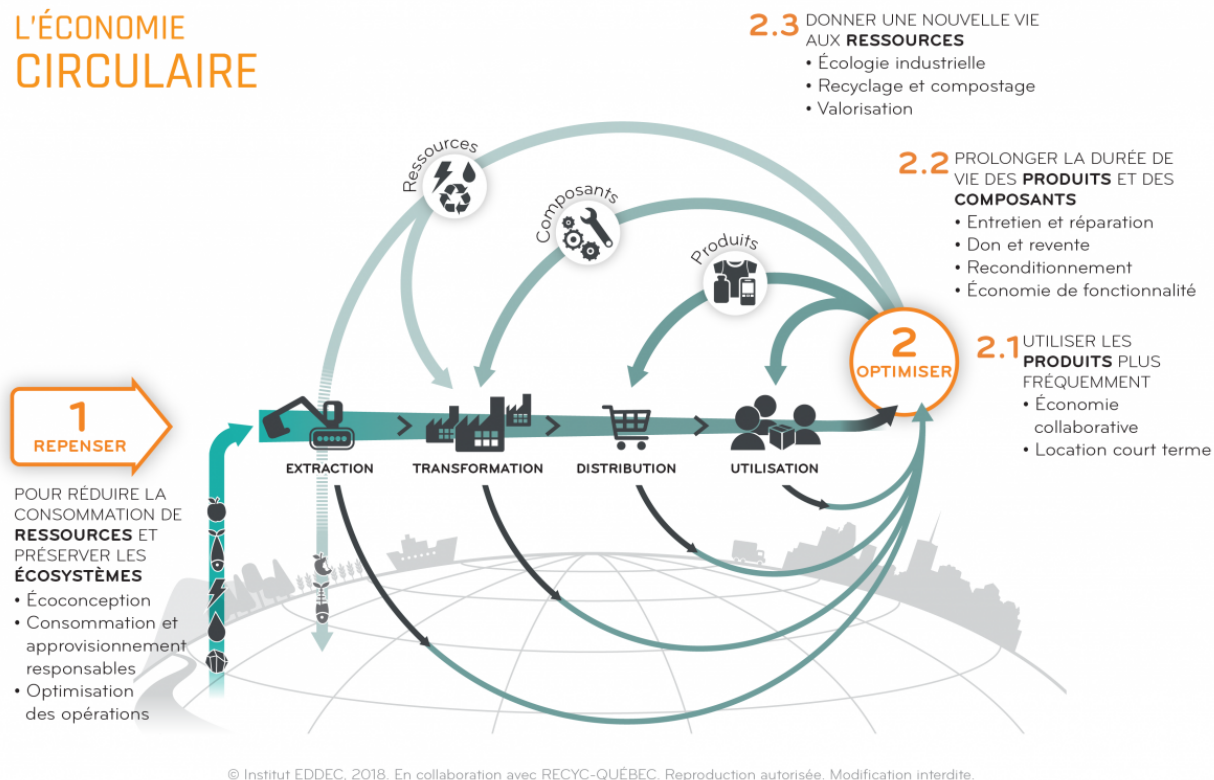
Pour voir de quelle façon l'EC peut contribuer à une électrification durable des transports, ses principes et ses piliers ainsi que ses stratégies seront d'abord présentés. Ensuite, les bonnes pratiques du secteur seront documentées, en premier lieu au niveau local et national, et complétées au besoin par des exemples d'ailleurs dans le monde, pour enfin être mises en lien avec les stratégies de l'EC. Des projets des plus intéressants en ce sens se développent un peu partout, mais il n'existe pas pour le moment beaucoup d'exemples avérés et documentés puisque le secteur évolue à une vitesse considérable. Le Québec foisonne toutefois d'initiatives innovantes et prometteuses. C'est ce que les prochaines sections feront ressortir plus spécifiquement dans le but d'appréhender les prochaines étapes à venir pour le Québec, afin d'assurer un déploiement des transports électrifiés qui soit en accord avec les principes de développement durable qui le portent.

#### **3.1 Principes et piliers de l'économie circulaire**

Afin d'identifier les meilleures pratiques d'économie circulaire, applicables à l'électrification des transports, il convient tout d'abord d'en présenter les principes et les piliers. Pour ce faire, le schéma développé en 2018 par l'Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (Institut EDDEC), en collaboration avec RECYC-QUÉBEC, est utilisé. Ce modèle, présenté à la figure 3.1, permet de saisir les principes de l'EC et en illustre les dynamiques. La définition de l'EC n'étant pas actuellement internationalement consensuelle, c'est celle coconstruite par une quinzaine d'acteurs stratégiques du Québec sous la coordination de l'Institut EDDEC qui soutiendra l'analyse :

« Système de production, d'échange et de consommation visant à optimiser l'utilisation des ressources à toutes les étapes du cycle de vie d'un bien ou d'un service, dans une logique circulaire, tout en réduisant l'empreinte environnementale et en contribuant au bien-être des individus et des collectivités » (Pôle québécois de concertation sur l'économie circulaire, 2016).

# L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



**Figure 3.1 Schéma de l'économie circulaire** (tiré de : Institut EDDEC, 2018)

Les principes sur lesquels s'appuie le schéma de référence sont de favoriser des boucles de flux de ressources qui soient les plus courtes et locales possible, en conservant les ressources nécessaires à la fabrication des produits et des composants. L'EC s'inscrit donc dans la mise en œuvre d'un développement durable par le biais de diverses stratégies permettant en premier lieu de repenser les modes de production et de consommation, et d'ensuite optimiser l'utilisation des ressources. C'est un modèle économique créateur de richesse et d'emplois locaux qui réduit ce faisant la pression sur les ressources ainsi que les émissions de GES de manière significative. Toutefois, attendu la vitesse à laquelle les ressources sont consommées, ce sont les modèles qui sous-tendent l'économie qui doivent être revus afin de diminuer à la source même la quantité de ressources extraites. (RECYC-QUÉBEC, s. d.)

La collaboration active des acteurs gouvernementaux et des diverses parties prenantes a permis au Québec de se positionner avantageusement en économie circulaire, notamment dans le secteur des symbioses industrielles. Le modèle économique circulaire qui se développe au Québec applique des stratégies pouvant se combiner et être adaptées afin de repenser les modes de production et de consommation. (RECYC-QUÉBEC, s.d.)

Les 12 stratégies sur lesquelles s'appuiera l'analyse à venir sont celles présentées sur la plateforme Québec circulaire<sup>1</sup>. Leur nomenclature figure au tableau 3.1 et les parties prenantes plus particulièrement susceptibles d'être touchées par elles sont identifiées.

**Tableau 3.1 Les douze stratégies de l'économie circulaire** (tiré de : Québec circulaire, s. d.)

<b>Stratégie</b>	<b>Principales parties prenantes</b>
Écoconception	Concepteurs Fabricants et manufacturiers
Consommation et approvisionnement responsables	Organisations Individus
Optimisation des opérations	Tous les acteurs de la chaîne de valeur
Économie collaborative	Individus Individus porteurs d'initiatives Gestionnaires et opérateurs de plateformes de collaboration (commerciales ou en libre accès)
Location court terme	Consommateurs (individus et organisations) Entreprises de location de véhicules
Entretien et réparation	Consommateurs (individus et organisations) Fabricants, manufacturiers, concessionnaires Acteurs de l'après-marché Garagistes
Don et revente	Tous Gestionnaires et opérateurs d'organisations, plateformes et sites de don et revente
Reconditionnement	Concepteurs Fabricants et manufacturiers Acteurs des filières industrielles
Économie de fonctionnalité	Fabricants et manufacturiers
Écologie industrielle	Industries et entreprises Groupes de symbioses territoriales
Recyclage et compostage	Citoyens Responsables de la gestion des matières résiduelles (privés ou publics)
Valorisation	Responsables et entreprises de gestion des matières résiduelles

L'écoconception vise à intégrer systématiquement les aspects environnementaux dès la conception et le développement de produits, qu'ils soient des biens, des services ou des systèmes. Attendu que 80 % de l'impact environnemental d'un produit est déterminé au stade de sa conception, l'écoconception permet de réduire les impacts négatifs environnementaux tout au long de leur cycle de vie, en équilibre avec les exigences sociales, techniques et économiques. (European Network of Ecodesign Centres et Pôle éco-

<sup>1</sup> « Mesure phare du Pôle québécois de concertation sur l'économie circulaire, un regroupement volontaire de leaders issus de divers milieux, pour accélérer la transition vers l'économie circulaire au Québec. » (<https://www.quebeccirculaire.org/static/la-plateforme-quebeccirculaire.html>)

conception, 2014) Cette stratégie est déterminante puisqu'utilisée en amont. Un produit conçu pour être facilement réparable, mis à niveau et éventuellement démonté pour que ses composantes soient recyclées permet de rendre toutes les stratégies de circularité plus efficaces et de boucler les boucles plus facilement et efficacement. (Québec circulaire, s. d.)

Une consommation et un approvisionnement responsables conduisent un acheteur (individuel ou pour une organisation) à prendre en compte les impacts environnementaux et sociaux de toutes les étapes du cycle de vie des produits, biens ou services qu'il choisit (Geldron, 2014). Cela permet notamment de centrer la consommation sur les besoins réels, contribuant d'autant à diminuer les besoins en ressources et les impacts sur ces ressources et sur les écosystèmes. Pour les organisations, des logistiques en boucles fermées ou courtes présentent des avantages pour la qualité, la quantité et les approvisionnements des matières. (Québec circulaire, s. d.)

Optimiser les opérations est possible en veillant par exemple à réduire les rejets, à maximiser l'efficacité des procédés et en utilisant un minimum d'énergies et de ressources, idéalement renouvelables. Toutes les étapes de la chaîne de valeur (extraction, transformation, distribution) sont mises à profit. (Québec circulaire, s. d.)

L'optimisation de l'utilisation des ressources peut quant à elle se faire à trois niveaux, comme l'illustrent les points 2.1 à 2.3 de la figure 3.1. Certaines de ces stratégies sont simples et bien connues, comme le don et la revente, ainsi que l'entretien et la réparation. Le reconditionnement permet aussi d'optimiser l'usage des produits ou des composants, et donc des ressources, puisqu'il consiste à les remettre à neuf en nettoyant, changeant, réparant ou réusinant les pièces qui les composent. Ils peuvent ensuite être réutilisés ou remis en vente. Le déploiement de cette stratégie est facilité par l'écoconception. (Québec circulaire, s. d.)

Les autres stratégies d'optimisation touchent plutôt les modèles d'affaires. La location d'un bien, appartenant à une organisation ou à un individu, pour une durée courte et déterminée, en permet une utilisation plus fréquente et optimisée. L'économie de fonctionnalité est pour sa part un modèle d'affaires dans lequel les entreprises vont vendre l'usage ou la fonction d'un produit au lieu du produit lui-même, dont elles demeurent les propriétaires. Quant à l'économie collaborative, aussi appelée économie de partage, elle permet également l'accès à l'usage, mais dans des modèles variés d'échanges, commerciaux ou non, gratuits ou monnayés. (Québec circulaire, s. d.)

Quant au recyclage, compostage et valorisation, ils interviennent à la toute fin du cycle de vie des produits, quand tout le potentiel d'usage est épuisé. La préservation de la valeur des ressources est favorisée par un recyclage à valeur ajoutée ou surcyclage.

Il est ici possible de faire un lien avec l'écoconception qui, par exemple, pourra veiller à privilégier des composantes faites de matière la plus pure possible, qu'il sera aisé de récupérer pour son recyclage effectif dans un procédé manufacturier. Quant à la valorisation, elle peut se faire par plusieurs opérations, autres que l'élimination, permettant de générer des produits utiles ou de l'énergie. (Québec circulaire, s. d.)

L'écologie industrielle constitue aussi un moyen permettant de donner une nouvelle vie aux ressources quand des entreprises d'un territoire échangent des matières entre elles. Ces échanges peuvent être faits pour des sous-produits ou des résidus dans un système où par exemple les extrants rejetés par l'une deviennent les intrants pour une autre. Ce type de synergie en est une de substitution. Inspirés des cycles des écosystèmes naturels, ces échanges synergiques peuvent aussi s'étendre à d'autres flux, comme l'énergie ou les ressources, notamment humaines. Ce sont dans ce cas des synergies de mutualisation, où les besoins en ressources sont coordonnés. (Québec circulaire, s. d.)

L'adoption de pratiques basées sur ces principes et piliers de l'EC aboutit sur des bénéfices et avantages, à la fois environnementaux, sociaux et économiques. Parmi les plus importants se trouve une réduction des impacts environnementaux, notamment par la diminution des besoins d'extraction de ressources et la réduction d'émissions de GES. Les processus circulaires permettent aussi de sécuriser les approvisionnements et d'améliorer l'efficacité des ressources, offrant de fait des avantages économiques d'intérêt. La création d'emplois locaux, spécialisés et non délocalisables est porteuse de gains sociaux et économiques importants. Il est toutefois aussi possible que la croissance économique intérieure générée par l'EC entraîne des effets rebonds pouvant réduire les bénéfices environnementaux attendus. Par exemple, les épargnes générées par une production et une consommation plus efficaces pourraient stimuler à la hausse les niveaux globaux de ces activités, avec les émissions de GES ou l'épuisement des ressources concomitants. Il devient alors important d'identifier ces effets rebonds potentiels et d'en évaluer les impacts par rapport à l'activité primaire à laquelle la circularité tente de répondre. (Conseil du patronat du Québec [CPQ], Conseil Patronal de l'Environnement du Québec [CPEQ], Groupe de recherche en Gestion et mondialisation de la technologie de Polytechnique Montréal [Groupe GMT] et Institut EDDEC, 2018)

Précisons que lorsqu'il s'agit de déterminer les retombées et les impacts potentiels des solutions d'EC utilisées, incluant de préférence les effets rebonds, cette analyse peut se segmenter de diverses façons (par secteur, par ressource, à un niveau micro ou macroéconomique, etc.) et les modèles doivent encore se raffiner (CPQ, CPEQ, Groupe GMT et Institut EDDEC, 2018). Quoi qu'il en soit, il est de toute première importance d'établir des indicateurs, de colliger des données et d'en faire une analyse et un suivi rigoureux pour maximiser le potentiel des stratégies adoptées.

### 3.2 Les outils et les leviers de l'économie circulaire

Afin qu'elle puisse se déployer, l'EC peut faire appel à une panoplie de leviers et d'outils facilitant la transformation des modèles de production et de consommation. Tout comme les stratégies, ces outils peuvent être agencés et combinés de manière à résoudre les freins rencontrés. Le tableau 3.2 présente une liste non exhaustive des principaux leviers auxquels il est possible de recourir.

**Tableau 3.2 Les outils et les leviers de l'économie circulaire** (inspiré de : Ellen MacArthur Foundation, 2012, 2013; Kok, Wurpel et Ten Wolde, 2013)

Outils et leviers	Détails et exemples
Lois, règlements, politiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Loi et norme VZE</li> <li>• Responsabilité élargie des producteurs (REP)</li> <li>• Politiques d'acquisition</li> <li>• Garanties légales</li> <li>• Obligation d'affichage (exemples : consommation énergétique, calcul d'empreinte)</li> <li>• Levée des obstacles réglementaires (exemples : Green Deals aux Pays-Bas, Innovation Deals dans l'Union européenne)</li> <li>• Décrets (exemple : les automobilistes français doivent obligatoirement se voir offrir des pièces de rechange usagées issues de l'EC)</li> </ul>
Mesures fiscales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subventions</li> <li>• Incitatifs (exemples : gratuités, privilèges d'usage, primes à la conversion)</li> <li>• Taxes (exemples : carbone, montants réinvestis dans les PACC)</li> <li>• Exemptions (exemples : droits d'enregistrement, taxes à l'importation ou à l'achat)</li> <li>• Redevance-remise (bonus-malus)</li> <li>• Congés fiscaux (exemple : pour des entreprises innovantes)</li> <li>• Crédits d'impôt</li> </ul>
Plans d'action, feuilles de route, appels à projets	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gouvernementaux, privés, en partenariat, etc. (exemple : le Panier Bleu québécois)</li> </ul>
Cibles et indicateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les choisir, les documenter, faire le suivi et utiliser les connaissances acquises pour faire les ajustements requis. (exemples : taux de réparation, de reconditionnement, de recyclage annuels)</li> </ul>
Information et communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guides, tutoriels</li> <li>• Plateformes et applications de collaboration</li> <li>• Publicité, diffusion d'information</li> <li>• Tables de concertation</li> <li>• Comités sectoriels ou multisectoriels</li> </ul>
Formation et accompagnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Main-d'œuvre spécialisée, secteurs émergents</li> <li>• Services-conseils à la transition</li> </ul>

**Tableau 3.2 Les outils et les leviers de l'économie circulaire (suite)**

<b>Outils et leviers</b>	<b>Détails et exemples</b>
Certifications, labels, cotes de durabilité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incitent les entreprises à faire état de leurs pratiques et à les améliorer, facilite les choix éclairés des consommateurs (exemple : calcul et diffusion des coûts environnementaux, de possession ou d'usage)</li></ul>
Centres de recherche et de transfert	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chaires universitaires</li><li>• Grappes industrielles</li><li>• Projets pilotes, de démonstration</li></ul>
Analyses	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cycle de vie</li><li>• Flux des ressources</li><li>• Comportementales, de consommation</li><li>• Retombées (sociales, environnementales, économiques)</li><li>• Des causes, mécanismes et réseaux (exemple : obsolescence programmée)</li></ul>

Pour que la circularité se mette en place et que ses retombées positives s'avèrent, la littérature révèle que l'encadrement législatif et une transformation du modèle économique doivent s'opérer. La prise en compte des externalités environnementales, pour en minimiser les impacts, ainsi que le développement de structures permettant la modification des habitudes et des chaînes de production et de consommation sont des éléments essentiels (IEA, 2019a; voir aussi Mousseau et Simon, 2016, page 4). Cette responsabilité n'incombe toutefois pas au seul secteur privé (E. Desrosiers, 2019, 1 juin). En effet, les pays et les régions qui performant le mieux en électrification des transports, comme la Norvège et la Californie, ont mis en place une multitude d'instruments et de politiques pour favoriser les changements (voir tableau 2.1). Sont ainsi agencés des normes de consommation d'essence et des incitatifs à l'adoption de véhicules à émissions faibles ou nulles. Des instruments économiques, comme des crédits d'impôt ou des rabais à l'achat, sont également utilisés afin de stimuler le marché en comblant les écarts de prix entre les VCI et les VE. Le déploiement des infrastructures de recharge est aussi facilité par de tels instruments, ainsi que par des plans territoriaux (Migette et al. 2019). Finalement, des mesures de soutien au développement de la chaîne de valeur des technologies liées aux batteries se mettent en place pour prendre en compte ce secteur d'une importance stratégique (IEA, 2019a, 2019b).

En somme, des interventions diversifiées de l'État sont requises pour établir les règles, mettre en place les infrastructures, les politiques d'occupation du territoire et les ressources financières afin que devienne effective l'électrification des transports (IEA, 2019a). Le secteur privé et les individus ont aussi un rôle prépondérant à jouer, mais un cadre étatique adéquat est essentiel (E. Desrosiers, 2019, 1 juin).

### **3.3 Solutions en réponse aux enjeux de l'électrification des transports**

Pour répondre aux principaux enjeux identifiés au chapitre 1, les douze stratégies de circularité seront maintenant reprises pour voir lesquelles offrent des solutions spécifiques à la question de l'électrification des transports au Québec. Les exemples québécois seront l'objet d'une attention particulière puisque d'une part, la province est le « leader nord-américain dans la transition vers l'économie circulaire » (Société québécoise de récupération et de recyclage, 2018, 4 décembre) et que d'autre part, les activités d'électrification des transports y sont déjà relativement nombreuses, portées par l'historique relaté au chapitre 1.

#### **3.3.1 Écoconception**

L'écosystème québécois des transports électriques faisant partie de la grappe Propulsion Québec est composé d'acteurs industriels, majoritairement des PME, appuyés activement par des centres de recherche et des universités, ainsi que des grandes entreprises et des institutions financières. Des opérateurs de flottes privées ou publiques, des clients, font aussi partie de cette grappe. Cette industrie locale fabrique actuellement tout autre type de véhicules électriques que des automobiles, soit des trottinettes, vélos, appareils de micromobilité, véhicules récréatifs, autobus, camions et trains. D'autres manufacturiers fabriquent aussi des bornes de recharge, des logiciels et des composantes utiles aux véhicules intelligents. D'autres enfin conçoivent et opèrent des services de mobilité (autopartage, vélopartage et covoiturage) qui ont fait leurs preuves ici et qui sont aussi exportés. (Propulsion Québec, Houde et Dunski, 2020, 27 mai)

Par conséquent, l'expertise industrielle québécoise pourrait être mise à profit pour intégrer ou améliorer un potentiel régional d'écoconception de véhicules durables facilement mis à niveau, réparés, reconditionnés et démontés en fin de vie pour en recycler les composantes. De cette façon, les VE pourraient faire l'objet d'un usage intensif en offrant une robustesse et une réparabilité intéressantes pour des services de mobilité partagée ou des flottes de véhicules commerciaux, institutionnels et de transport en commun, dans l'intérêt d'une durée de vie accrue. Les IRVE nécessaires à leur fonctionnement pourraient être conçues dans un même esprit de durabilité, complétant de cette manière une offre intégrée de produits et services prenant en compte l'ensemble du cycle de vie des éléments d'une mobilité électrique durable. En complément, l'expertise de gestion de services de mobilité partagée (donc une utilisation optimisée) peut être mise à profit dans l'ensemble du Québec ainsi que pour d'éventuels clients, intéressés par ce genre d'équipement et de système circulaire. D'autant plus qu'un tel créneau spécialisé n'est pas actuellement très développé.

Les potentiels de l'écoconception sont davantage explicités dans la suite. Mais tout d'abord, afin de bien mesurer la valeur d'un tel potentiel, il convient de savoir qu'il existe une demande pour les VE. En effet, la



firmes de recherche MarketsandMarkets publiait en juin 2019 une étude estimant le taux de croissance annuel composé du marché des VE à 21,1 %. Le marché mondial passerait d'environ 3 269 671 VE en 2019 à 26 951 318 en 2030. La demande la plus importante est anticipée pour des véhicules de valeur moyenne, comportant un nombre limité de fonctions et d'options onéreuses tels les systèmes d'information et de divertissement.

Or, le marché mondial des VE semble se développer sans le Canada, sur le point d'être laissé sur la touche (Sharpe et Pelchat, 2020, 1 mai). C'est pourquoi, entre autres initiatives canadiennes, le Québec pourrait permettre au pays de se positionner favorablement dans cette course.

En effet, dans le monde, 80 % des VE sont fabriqués dans la région où ils trouveront preneur. Le Canada produit 2M de voitures par année, dont 0,4 % seulement sont électriques. La moyenne mondiale de production domestique de VE se situe plutôt à 3 %. Par ailleurs, depuis 2015, 30 % de la production canadienne totale de véhicules a été délocalisée aux États-Unis et au Mexique. Le développement d'un marché local de VE n'est donc pas à négliger et l'adoption de politiques qui en favorisent l'émergence « est l'une des solutions les plus efficaces que les gouvernements du pays peuvent adopter ». (Sharpe et Pelchat, 2020, 1 mai)

Alors que la compagnie General Motors va investir 2 G\$ pour convertir son usine de Detroit-Hamtramck afin de produire exclusivement des VE, l'Ontario, centre historique du secteur canadien de fabrication de véhicules légers, n'exploite actuellement qu'une seule usine pour produire un faible volume de VHR. Dans un marché mondial où l'électrification des transports s'accélère, l'industrie manufacturière automobile canadienne est donc passablement vulnérable. « Si le Canada ne parvient pas à exploiter ses matières premières rapidement et à développer une base de fournisseurs permettant d'accélérer sa production de véhicules électriques, le pays pourrait perdre un pilier important de son économie ». (Sharpe et al., 2020) Une feuille de route canadienne sur la technologie des véhicules électriques élaborée en 2010, en collaboration avec plusieurs acteurs de l'industrie, avait déjà identifié des opportunités en ce sens, sur la base de l'expertise et des ressources en présence au pays. Les nombreux bouleversements dans l'industrie de l'automobile engendrés par l'engouement mondial pour les VE ont en effet permis d'entrevoir la faisabilité de mettre au point et de fabriquer au Canada des VE aptes à circuler sur les routes pour remplacer les traditionnels véhicules légers à combustion interne. (Mobilité électrique Canada, 2010)

L'expertise du Québec en produits industriels ainsi que récréatifs résistants et performants semble tout à fait adéquate, étant donné le potentiel du marché qui émerge, pour écoconcevoir et développer des systèmes de mobilité complets. Ces systèmes pourraient compter sur des VE qui iraient des autobus de grande capacité à des véhicules plus petits utilisables de façon intensive dans des flottes partagées ou opérées dans un modèle

d'économie de fonctionnalité. Il importe ici de mentionner que contrairement aux croyances répandues sur les accords commerciaux internationaux, il est possible de conjuguer les actions pour à la fois concevoir, fabriquer et utiliser ici de tels systèmes, en plus de les vendre sur les marchés extérieurs. Cela permettrait de répondre en même temps aux objectifs provinciaux de développement économique et à ceux d'électrification des transports. (Codère, 2020, 3 juin; Mayrand et al., 2020)

Un exemple de VE conçu dans cette vision d'adaptabilité est présenté par l'entreprise espagnole de conseil en ingénierie Altran, qui a développé un concept de voiture intelligente, durable et modulaire. Appelée eMOC, pour *Electric Modular Car* (figure 3.2), ce véhicule peut être adapté à divers besoins de capacité de charge, d'autonomie énergétique ou de nombre de passagers grâce à des modules qu'il est possible de combiner. Il est le fruit d'un exercice visant à repenser le concept de véhicule lui-même et de mobilité en général. (Altran, 2014, 11 septembre)



**Figure 3.2 Voiture modulaire eMOC** (tiré de : Altran, 2014, 11 septembre)

Un projet de développement et de production d'une voiture entièrement électrique destinée au marché de l'autopartage en milieu rural a été mené par le Centre National du Transport avancé de Saint-Jérôme à partir de 2011. Une voiture électrique fabriquée au Québec et appelée Nomad devait être créée pour une utilisation en libre-service. Les principes d'écoconception ont été appliqués en vue de la fabrication d'un prototype, qui devait notamment être fait d'aluminium et de thermoplastiques, des matériaux résistants et légers. (Max-Gessler, 2014, 11 février) Puisque ces Nomad devaient être fabriquées sur mesure pour répondre aux besoins du projet de transport collectif qui prévoyait les utiliser, le projet de VE québécois ne s'est pas réalisé, des suites d'une étude de faisabilité défavorable. Cette étude a révélé que le contexte du moment ne permettait pas de susciter suffisamment de demandes; les VE et les services d'autopartage n'étaient pas très connus ni populaires dans les collectivités pressenties pour les accueillir. Le développement de ce VE s'est donc arrêté

à l'étape de prototypage, faute d'investissements « patients ». (Y. Hennekens, communication personnelle, 2 juillet 2020)

L'application de stratégies de substitution remplaçant des métaux lourds tel l'acier par de l'aluminium, plus léger – comme cela a été fait pour la Nomad – permet notamment de diminuer les quantités d'énergie requises pour mouvoir les VE, augmentant de fait leur autonomie. (Gervais, 2017)

Dans cette veine, le professeur Alain Desrochers de l'Université de Sherbrooke a développé une expertise en allègement de châssis de véhicules récréatifs qui pourrait être appliquée à d'autres types de pièces structurales de véhicules en tous genres. En ayant notamment permis la création d'un alliage d'aluminium permettant d'optimiser le poids, les coûts et le nombre de pièces requises, les projets auxquels travaille le chercheur peuvent être considérés comme de l'écoconception. Ces travaux d'optimisation de concepts visent aussi à « permettre au Québec d'exporter plus de matériaux semi-finis, et pas seulement la matière première ». (Larochelle, 2020, 3 juin)

Du point de vue des batteries, une étude de Gervais (2017) sur le fer, le cuivre et le lithium produite pour le MERN rapporte que « les initiatives d'écoconception portent principalement sur l'électrification des transports, sans pour autant viser la préservation des métaux à l'étude » (p. 57). La croissance des préoccupations, relativement aux gisements de cuivre et de lithium notamment, invite à innover dans le but de favoriser leur meilleure utilisation tout au long de leur cycle de vie. Optimiser l'usage des matières premières, notamment les MCS, bonifierait l'expertise locale en conception de batteries et de leurs composantes d'un point de vue environnemental. En outre, la fabrication de batteries et leur recyclage sont deux étapes pouvant se compléter avantageusement dans une approche d'écoconception.

Le projet européen de recherche appliquée Greenlion, portant sur l'écoconception et la baisse des coûts de production des batteries, a été mené de 2011 à 2015. Ce projet a notamment permis la conception d'anodes faites d'alliages utilisant des nanofils de germanium pour remplacer les anodes de graphite usuelles. Elles sont plus résistantes et une formulation en phase aqueuse permet de diminuer la toxicité habituellement associée à la fabrication des anodes de graphite. Les modules des batteries ont aussi été l'objet de travaux d'écoconception de manière à limiter le besoin de collage dans l'assemblage, facilitant de fait le recyclage en fin de vie. (AVÉQ, 2014, 12 juillet) D'autres technologies alliant le lithium à de l'air, du soufre ou du sodium pour améliorer les capacités de stockage d'énergie ont aussi été étudiées. Ces travaux ont permis de démontrer la faisabilité d'une production plus propre, ainsi que l'efficacité de la collaboration entre les divers acteurs de la chaîne de valeur. Cependant, l'industrie automobile s'est plutôt orientée vers l'assemblage de batteries à partir de cellules de moindre capacité fabriquées en Asie. En découle un certain paradoxe en Europe, où cohabitent un solide réseau de recherche, des producteurs de matériaux et un

important marché d'utilisateurs de batteries alors que peu de manufacturiers ont de grandes capacités de production. Il en résulte un bris, un manque, dans la chaîne de valeur. (Cidetec, 2016, 26 janvier)

Il est donc envisageable que d'autres producteurs puissent être activement recherchés pour approvisionner ces marchés, éventuellement le Québec. Sinon, il y a des risques stratégiques de dépendre totalement de l'industrie automobile asiatique pour l'approvisionnement en cellules de batteries, lesquels ont été identifiés par les États-Unis et l'Union européenne. (Propulsion Québec, 2019)

D'ailleurs, l'entreprise sherbrookoise Calogy Solutions a l'ambition de commercialiser en 2021 des batteries lithium-ion faisant appel à une technologie innovante de gestion thermique. En phase de préamorçage, elle s'est vu accorder un financement qui lui permettra d'accélérer son processus de développement de produit pour offrir au marché une batterie plus sécuritaire, durable et moins dispendieuse que les produits actuellement disponibles. Cette batterie répondra, à faible coût, à l'importante problématique de surchauffe des batteries lithium-ion utilisées dans les VE. (EstriePlus.com, 2020, 21 juillet)

Pour ce qui est des bornes, les principaux manufacturiers québécois, soit AddÉnergie, Elmec et Techno VE ne font de leur côté aucune mention de la manière dont elles sont conçues dans les informations et les documents techniques rendus disponibles sur Internet. Il est nécessaire de communiquer avec chacun pour en savoir plus à ce sujet.

Dans une perspective de circularité, il apparaît pertinent que ces équipements soient écoconçus, de manière à permettre leur réparation ainsi qu'une mise à niveau dans l'éventualité de changement de technologie, tant au regard des connecteurs que des besoins en puissance. Une conception modulaire, utilisant des matériaux purs ou recyclés et recyclables, devrait aussi être recherchée pour minimiser les besoins en ressources et optimiser autant que possible leur utilisation. Des exemples de conception modulaire d'appareils électroniques intelligents, comme des téléphones (Projet ARA), présentent des pistes de transfert de connaissances (CNET.com, 2015, 21 mars). Les câbles et les fils requis dans une borne de recharge peuvent aussi être conçus de manière à en permettre le réemploi et le recyclage (Gervais, 2016).

Les bornes EVduty produites par Elmec peuvent quant à elles être couplées à un capteur de courant intelligent permettant d'éviter l'ajout de capacité d'ampérage à un panneau électrique insuffisamment puissant. Ce capteur module le courant disponible pour la ou les bornes y étant reliées. Ce manufacturier propose aussi quatre modules de mise à niveau qui rendent les bornes « intelligentes », c'est-à-dire qui en permettent un contrôle à distance. (Boutique EVduty, 2020) De plus, les premiers modèles de bornes mises en marché par ce fabricant ont été ensuite modifiés pour faire en sorte que les câbles reliant la borne au connecteur se rétractent automatiquement. De cette manière, les fils sont protégés des bris, par exemple lors

des opérations de déneigement. (G. Lamarche, communication personnelle, 29 juin 2020) Cet ajustement en est un d'écoconception, mais n'est pas perçu ou présenté comme tel par le fabricant.

Le fabricant AddÉnergie propose de son côté cinq familles de bornes (FLO), toutes intelligentes et conçues pour résister au moins 10 ans aux rigueurs climatiques selon le site Internet corporatif. La borne FLO Maison est garantie pendant trois ans et les modèles commerciaux sont quant à eux garantis pour une année. (Services FLO Inc., 2020). Dans le cadre de cet essai, une demande d'entrevue visant à en apprendre plus sur les méthodes de conception en place chez AddÉnergie est restée lettre morte, mais, en lien avec les aspects esthétiques des bornes, son dirigeant déclarait en 2018 que le côté fonctionnel, la robustesse, l'efficacité et la sécurité imposent des limites pour conserver un prix concurrentiel (Caillou, 2018, 26 février).

Comme il s'agit de fabricants québécois de bornes, même en l'absence d'information, l'hypothèse qu'ils détiennent de l'expertise en écoconception de tels équipements est hautement probable. Et même si certains d'entre eux n'étaient que des licenciés, par exemple, et que la conception était faite hors Québec, il existe de réelles chances qu'au moins une partie d'entre eux possèdent la maîtrise totale ou partielle de la conception de ces équipements.

L'écoconception peut également être envisagée sur le plan des lieux physiques où sont installés les infrastructures et les équipements de recharge publique, qui devraient être choisis et planifiés en fonction d'un accroissement du nombre de points de recharge requis. Comme le propose le *Rocky Mountain Institute* (Nelder et Rogers, 2019), une planification rigoureuse tenant compte des capacités électriques et des besoins d'espace à venir permet à la fois de diminuer les coûts d'aménagement et d'optimiser l'usage des équipements. Il est en effet plus efficace de concevoir en amont des réseaux et des structures qu'il est possible de mettre à niveau et de raccorder à mesure que les besoins augmentent que de remplacer complètement des systèmes devenus désuets.

En ce sens et en allant même plus loin, les travaux de conception innovante en urbanisme menés à l'Université de Montréal présentent des pistes qui mériteraient d'être développées. Par exemple, en revisitant les doctrines urbanistiques à la lumière des principes de l'EC, les aménagements peuvent être conçus de manière à en permettre une évolution efficiente. (Scherrer, Lavoie, Abrassart et Bastin, 2017) Les stations-service existantes pourraient être mises à profit en ce sens (Caillou, 2018, 26 février). De la même manière, Équiterre propose sur ce point de réallouer l'espace aux piétons et cyclistes à l'aide d'infrastructures de transports actifs (Équiterre, 2020, 28 mai). À cette fin, la Ville de Montréal a implanté un premier « pôle de mobilité » intégrant des stations BIXI, des bornes pour VE et des stationnements pour moto et bicyclettes près de la station de métro Square-Victoria (Caillou, 2018, 26 février).

Un guide de bonnes pratiques portant sur l'aménagement et l'écomobilité, réalisé par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire propose aussi des stratégies d'aménagement de « villes courtes distances ». Des approches comme le *development-oriented transit* ou le *transit-oriented development* y sont présentées comme stratégies favorisant l'écomobilité en misant sur les transports en commun. (Boucher et Fontaine, 2011) Le Laboratoire d'économie collaborative et de fonctionnalité mène aussi des recherches spécifiques sur la mobilité avec l'objectif de participer au développement et à la diffusion des connaissances, à l'appropriation du sujet par les acteurs concernés et à la formation d'une main-d'œuvre qualifiée par une approche interdisciplinaire (Institut EDDEC, s. d.).

### **3.3.2 Consommation et approvisionnement responsables**

Bien que le gouvernement du Québec se soit engagé dès 2000 à être exemplaire dans ses actions, ses objectifs d'électrification des flottes de véhicules qu'il possède ne sont pas chiffrés. De plus, les processus d'appel d'offres ne comportent pour le moment pas de critères permettant aux produits locaux et plus performants d'un point de vue environnemental de passer la barre des impératifs du plus bas prix en vigueur.

Pour améliorer les performances provinciales en cette matière, des exemples de plans d'action nationaux pour des achats publics durables sont disponibles dans les pays membres de la Commission européenne, conformément à une attente formulée dès 2003. Une direction générale Environnement veille à faciliter les échanges de bonnes pratiques, émet des recommandations sur les guides destinés aux acheteurs publics et suit la mise en œuvre des divers plans d'action nationaux. En France, de tels plans d'action ont été déployés depuis 2007. La version 2015-2020 de ce plan se déploie en trois axes, soit mobiliser les décideurs, accompagner les acheteurs et rendre compte des progrès réalisés. Appuyé sur les obligations réglementaires européennes, ce plan regorge d'outils et de stratégies pour améliorer l'exemplarité des administrations, favoriser la collaboration entre les parties prenantes et suivre les progrès. (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2014)

Au niveau individuel, les craintes de manque d'autonomie des VE, qui persistent malgré leur disproportion avec les besoins réels comme précédemment vu, mettent en lumière une lacune au niveau de l'évaluation des besoins sur ce plan. Une analyse effectuée en 2019 par le physicien Pierre Langlois démontre qu'une composition équilibrée du parc de VE dans son ensemble devrait inclure à la fois des véhicules entièrement électriques (VEE) et des VHR de différentes capacités d'autonomie (Langlois, 2019, 6 septembre). L'édition 2020 de la campagne Roulons électrique d'Équiterre, soutenue par le Gouvernement du Québec, propose une multitude d'informations pour faciliter le choix d'un véhicule rechargeable qui répond aux besoins des individus. La brochure de la campagne aborde à la fois les aspects économiques et environnementaux, tout comme les avantages et incitatifs liés aux VE. Les personnes désirant se procurer

un véhicule peuvent utiliser ces informations pour évaluer les choix qui s'offrent à eux et en évaluer les coûts économiques totaux. (Équiterre, 2019) En choisissant le bon véhicule pour leurs besoins, les consommateurs peuvent contribuer à ce que les ressources soient utilisées de façon optimale et à minimiser l'impact de leur achat sur l'environnement.

### 3.3.3 Optimisation des opérations

Tout en amont de la chaîne de valeur relative aux transports électrifiés, les opérations d'extraction et de transformation des matières nécessaires à la fabrication des batteries, des VE et des IRVE peuvent avantageusement être optimisées pour réduire le volume consommé et préserver les écosystèmes. La mise en place de programmes de suivi et de contrôle des processus d'extraction et de transformation des ressources est une solution facilitant une amélioration continue en ce sens.

En regard des minéraux nécessaires à la fabrication des batteries de VE, un partenariat entre l'Association de l'exploration minière du Québec, la Chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQÀM, le groupe MISA et le gouvernement du Québec a permis le développement d'une certification spécifique à l'exploration minière. Depuis 2019, deux labels EcoLogo, délivrés par *Underwriters Laboratories* (UL 2723 et UL 2724) permettent aux compagnies d'exploration minière de certifier volontairement leurs activités. Ces certifications devraient notamment avoir un impact significatif sur les aspects sociaux du développement minier. En octobre 2019, 12 compagnies étaient déjà certifiées et 13 autres en processus pour y arriver. De cette façon, ces compagnies ont un cadre leur permettant de démontrer aux divers investisseurs et parties prenantes leur engagement envers les normes et réglementations sociales, environnementales et économiques. (Williams, 2020, 3 janvier) Les systèmes de certification offrent l'avantage d'encadrer tous les aspects d'une activité donnée, et ce faisant, contribuent vraisemblablement à une amélioration continue desdites activités. Pour démontrer un engagement envers les normes et réglementations en vigueur, celui-ci doit réellement exister, et les pressions pour des activités minières responsables ne devraient pas diminuer maintenant qu'elles sont à l'agenda. Pour preuve, le développement de ces certifications lui-même. Ainsi, ces façons de faire peuvent être étendues aux étapes suivant l'exploration pour s'appliquer aussi à l'exploitation et à la transformation. L'optimisation des opérations ne requiert pas d'obligation de certification, mais le processus permet certainement de stimuler cette optimisation.

À l'autre extrême de la chaîne relative aux transports électrifiés, pour optimiser les opérations de déplacements individuels, outre un aménagement du territoire adéquat, il apparaît nécessaire de savoir quelles sont les avenues possibles pour effectuer ces déplacements. Dans une ville comme Montréal, des applications telles que Chrono et Transit existent pour planifier ses déplacements en transports collectifs. Des outils similaires pour les transports actifs en vélos partagés sont offerts par BIXI et Jump. Dans cinq

Municipalités régionales de comtés de l’Estrie, l’outil Embarque Estrie ([embarqueestrie.ca](http://embarqueestrie.ca)) est disponible depuis 2019 pour planifier des déplacements multimodaux (Goupil, 2019, 2 mai). Des sites comme [covoiturage.ca](http://covoiturage.ca) ou [amigoexpress.com](http://amigoexpress.com) permettent aussi de planifier des trajets locaux ou longue distance partagés (Mobilité Montréal, s. d.). En somme toutefois, il est impossible de planifier à un même endroit ou avec une seule application un itinéraire incluant une combinaison de plusieurs types de mobilité pour des déplacements qui auraient lieu dans plusieurs régions ou même dans certaines seulement.

À Helsinki, capitale de la Finlande, une approche de la mobilité comme un service (*mobility-as-a-service* [MAAS]) a été adoptée avec l’ambition de remplacer annuellement plus de 2G de déplacements faits en solo dans des automobiles à l’horizon 2023, diminuant de ce fait la consommation de ressources – objectif de l’optimisation des opérations. En intégrant des services de transport multimodaux comme les autobus, les taxis, le métro et le train, cette approche permet une offre à la demande efficace, contribuant à la transformation de la mobilité. Les facteurs de succès d’implantation d’un tel système sont l’existence d’une planification des étapes de déploiement, dans laquelle le développement des services et des infrastructures de transport public doit être cohérent. Le partenariat entre les parties prenantes est fondamental pour parvenir à l’émergence d’un système multimodal viable et efficace duquel découleront des économies de temps et d’argent significatives pour les utilisateurs. (SmartCitiesWorld news team, 2018, 3 septembre)

Dans un marché de mobilité qui se développe rapidement, avec plusieurs options qui cohabitent (voitures et vélos en partage, covoiturage, transport en commun, etc.), le secteur est fragmenté, complexe, certaines applications en lien avec ces modes de transport sont dupliquées et d’autres sont absentes ou se font indûment compétition. Les éléments de mobilité de l’écosystème doivent être mis en lien de manière efficace pour favoriser le changement de comportement et diminuer la part du voiturage en solo. Pour y arriver, des technologies de stockage et de transmission d’informations sans organe central de contrôle (*blockchain*) (Blockchain France, 2016) sont utiles et certainement nécessaires. Un protocole utilisant cette technologie de *blockchain* a été développé par le consortium Senta Mobility dans le but de faciliter la transition vers un modèle de MAAS. En facilitant l’accès et le partage des données relatives aux divers modes de transport, de manière sécurisée, un tel protocole permet aux opérateurs et fournisseurs de service de mobilité de se concentrer sur leurs activités principales. En même temps, des plateformes décentralisées et ouvertes de communication rendues possibles par ces technologie facilitent les transactions pour les utilisateurs (enregistrements, réservations, paiements, etc.). De cette façon, le potentiel des solutions de mobilité complémentaires peut se développer. (SmatCities World news team, 2018, 3 septembre)



### 3.3.4 Économie collaborative

L'économie collaborative, bien qu'elle soit présente depuis longtemps, notamment dans les communautés rurales, est en forte croissance, particulièrement dans les centres urbains (Groupe de travail sur l'économie collaborative et Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018). Les plateformes et applications numériques contribuent à son essor en facilitant les contacts et les échanges entre les personnes ou entre les individus et des organisations, qui offrent accès à une utilisation optimisée de biens ou de ressources. Le covoiturage (véhicules personnels ou commerciaux), l'autopartage (par exemple Communauto, ou le programme québécois de partage de véhicules électriques municipaux SAUVÉR [YHC Environnement, 2020]) et le prêt ou la location de véhicules entre personnes (par exemple Turo.ca) présentent un potentiel exceptionnel de réponse aux besoins de mobilité. De la même façon, diverses initiatives se mettent aussi en place, à géométrie variable. La plateforme PhareClimat.com (s. d.) présente diverses initiatives desquelles s'inspirer. Par exemple, le Centre de Gestion des Déplacements de la Mauricie et du Centre-du-Québec, et son programme Roulons vert, vise à améliorer la mobilité des principaux générateurs de déplacements de la ville (hôpital, institutions d'enseignement, etc.). Ce Centre a aussi préparé un plan d'action pour limiter le voiturage en solo. Le programme de partage de véhicules entre citoyens Locomotion, de Solon Collectif (Montréal) est un autre exemple d'initiatives d'économie collaborative présentées sur cette plateforme.

De telles initiatives facilitent l'accès aux véhicules partagés et complètent les réseaux de transports collectifs, tout en réduisant la congestion et les émissions polluantes. Elles permettent d'utiliser la capacité excédentaire de mobilité, qui est notamment estimée à 25 millions de sièges de voitures vides en mouvement chaque jour au Québec (Laviolette, 2018, 20 juin). Cependant, la *Loi sur les transports* québécoise limite notamment la portée du covoiturage en ne permettant que le partage des frais d'essence et d'usure, sans couvrir le coût de possession et d'utilisation réel d'une automobile. Le covoiturage commercial est aussi soumis à des règles strictes qui limitent les pratiques collaboratives. Toutefois, le projet pilote encadrant le déploiement d'Uber au Québec a permis de préciser les barrières à l'entrée pour des acteurs de ce type; de plus, des villes comme Toronto et Ottawa pourraient offrir des exemples probants de mise en place de modalités facilitatrices. En effet, ces villes n'exigent pas de formation supplémentaire à celle requise pour l'obtention d'un permis de conduire avant de permettre à un conducteur de faire du covoiturage, contrairement à ce qui est requis au Québec. (MTQ, 2020, 15 juillet) Finalement, les questions d'assurances responsabilité doivent aussi être résolues pour sécuriser les transactions faites sur les plateformes de collaboration (Groupe de travail sur l'économie collaborative et Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018). Il en va de même pour les assurances auxquelles doivent souscrire les services d'autopartage (Communauto, Turo, et autres) (Castonguay, 2016, 31 mai). La mutuelle d'assurance

française MAIF a déjà investi des sommes importantes pour développer des produits répondant aux besoins de l'économie collaborative et son expertise pourrait avantageusement être mise à profit au Québec (Groupe de travail sur l'économie collaborative et Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018).

Pour consommer aussi de façon responsable au moment de la recharge du véhicule, l'utilisation du réseau public et des réseaux privés ainsi que des bornes individuelles offertes en partage sur ChargeHub sont des options intéressantes. Un tel comportement de ravitaillement demande toutefois plus de planification et sans doute d'efforts que de faire installer une borne à domicile. C'est d'ailleurs à domicile que se fait actuellement la majorité des recharges (AVÉQ, 2019, 27 juin).

Le Groupe de travail sur l'économie collaborative a formulé en 2018 douze recommandations spécifiques à cette stratégie de circularité, qui sont le fruit d'une consultation publique et d'une analyse des meilleures pratiques. Posant les bases et les enjeux propres au Québec en la matière, ce rapport constitue certainement une solide fondation sur laquelle appuyer la suite du développement de l'économie collaborative, notamment en dehors des grands centres urbains. (Groupe de travail sur l'économie collaborative et Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018)

Finalement, le transport en commun est aussi au nombre des champions à fournir un service de déplacement sans qu'il soit nécessaire pour les clients d'acheter un produit matériel. Cela appuie l'importance de le développer pour atteindre les objectifs de décarbonation et de transfert modal. De plus, une croissance de la production et des ventes des manufacturiers locaux comme La Compagnie Électrique Lion ou Novabus présente un important potentiel de retombées positives.

### **3.3.5 Location court terme**

La location court terme est usitée et facilement accessible dans le secteur automobile. Toutefois, considérant les lacunes au niveau de l'évaluation des besoins réels évoquée au chapitre 1, il est possible de croire que certains besoins ponctuels pourraient avantageusement être comblés par une telle location. Par exemple, les quelques occasions où une grande capacité de charge est requise ne justifient pas nécessairement l'achat d'un véhicule utilitaire sport. Le recours ponctuel à des services de location court terme pourrait vraisemblablement constituer une solution durable dans ces situations occasionnelles. Pour aller plus loin, les flottes commerciales de véhicules de location pourraient obligatoirement inclure une part de VE.

Les batteries de VE peuvent parfois être louées. Le Groupe Renault l'impose à ses clients, mais d'autres constructeurs le proposent de manière optionnelle. C'est le cas chez Nissan, tout comme chez PSA, manufacturier des Citroën C-Zero et des Peugeot Ion. Ces modèles ne sont toutefois pas disponibles au

Canada. Le fait de louer la batterie d'un VE offre l'avantage de diminuer le prix d'achat du véhicule et garantit la capacité de la batterie, qui est remplacée lorsqu'elle ne délivre plus sa capacité au-delà d'un certain seuil. En revanche, le principal inconvénient de cette location est qu'elle ajoute des frais fixes à l'utilisation pour toute la durée de possession du véhicule. (Automobile Propre, 2018, 31 juillet). Il s'agit bien ici de location, mais le terme est plutôt long.

Tesla a de son côté proposé en 2013 son modèle S avec la possibilité d'échanger une batterie vide pour une pleine en 90 secondes. Ce service a été offert en projet pilote de 2013 à 2015 à Harris Ranch en Californie, un bourg situé à mi-chemin entre San Francisco et Los Angeles. L'échange était effectué dans des infrastructures où les conducteurs de VE Tesla entraient pour qu'un système automatisé, installé dans le sol, retire la batterie vide et mette à sa place une batterie pleine. Ce programme d'échange a pris fin en 2015 au moment où Tesla a choisi de plutôt développer un réseau mondial de Superchargeurs. (McMannis, 2020, 20 juin)

Les bornes de recharges offertes sur le marché québécois peuvent être louées plutôt qu'achetées, par des contrats couvrant des périodes d'une ou de plusieurs années. Ce service est plus particulièrement promu auprès des gestionnaires d'installations dans des immeubles et des entreprises ou pour des flottes commerciales, mais il est aussi offert pour les bornes résidentielles individuelles. De tels services clé en main sont notamment offerts par le réseau FLO d'AddÉnergie ainsi que par Bornes Québec (bornes EVDuty). Attendu les montants des subventions offertes à l'achat des bornes, cette façon de faire n'est pas nécessairement moins coûteuse, mais offre l'avantage d'éviter un gaspillage de ressources quand les bornes ne sont plus utilisées (changement de VE, départ d'un locataire électromobiliste, etc.).

Des points de recharge installés sur les dispositifs d'éclairage public et accessibles à la demande pourraient avantageusement étendre l'offre de location court terme aux conducteurs de VE n'ayant pas accès à un stationnement privé. Une telle pratique a été identifiée comme une solution technique simple ne nécessitant pas de travaux de génie civil afin d'améliorer l'accès à la recharge et faciliter le déploiement des transports électrifiés. (Migette et al., 2019)

L'industrie du taxi est aussi un exemple de location court terme. Ces spécialistes du service à la demande sont parmi ceux détenant le plus de données et d'expériences probantes en matière de déploiement de transports individuels électrifiés, tant en regard des réseaux de recharge que des flottes de véhicules. La portée structurante des connaissances acquises dans des projets comme celui de Coop Taxi Laval est particulièrement intéressante. Financé par le Programme de soutien à la réalisation de projets de démonstration de taxis électriques du MTQ, ce projet a permis l'intégration de 30 véhicules électriques dans la flotte et le déploiement d'une infrastructure de recharge. (Institut du véhicule innovant, s. d.) Il pourrait

être dupliqué et adapté à d'autres territoires et créneaux. Par exemple, les IRVE nécessaires à ces flottes de véhicules pourraient aussi servir à la recharge des véhicules partagés (Migette et al., 2019). Cela faciliterait une transformation modale répondant aux objectifs québécois de développement durable. Le partage d'une telle base de connaissances fines, dans un contexte réel, pourrait favoriser une synergie positive porteuse de transformations efficaces.

### **3.3.6 Entretien et réparation**

L'entretien et la réparation sont des stratégies de circularité usitées pour des biens de consommation durables comme les véhicules. L'électrification des transports va cependant considérablement changer le secteur de l'entretien et de la réparation automobile. Les VE fonctionnent avec des technologies mécaniques beaucoup moins complexes que les VCI. Les VE requièrent moins de pièces qui bougent et qui sont susceptibles de s'user, dans une proportion de l'ordre d'une pour cinq pièces, principalement dans les moteurs et les systèmes d'embrayage. Les huiles sont aussi presque totalement éliminées. (IEA, 2017, p. 115) Alors, les services d'entretien les plus courants sur les VCI ne sont pas les mêmes pour les VE. Les changements d'huile sont éliminés, tandis que les réfections de freins peuvent être faites plus de trois fois moins souvent grâce au principe de freinage régénératif utilisé dans les VE. En contrepartie, les pneus devront être changés 30 % plus souvent, à cause du poids et de la force de couple (*torque*) supérieurs des VE. Les VE ont aussi de grands besoins de refroidissement et de chauffage efficaces pour ne pas compromettre les distances d'autonomie. Les matières résiduelles issues des activités d'entretien et de réparation verront en conséquence leurs volumes et leur nature se modifier. (Brennan, 2020, 6 mars; Voelcker, 2018, 2 février) De plus, la réparation d'un VE comporte des risques importants d'électrocution et des précautions particulières doivent être prises avant d'effectuer des travaux, particulièrement sur les batteries. Une formation adéquate est donc requise pour assurer la sécurité des opérations d'entretien et de réparation d'un VE, qui sont plus complexes que pour un VCI. (Roberge, 2019, 28 avril) Des formations professionnelles spécifiques à la mécanique de VE sont toutefois déjà offertes dans plusieurs régions du Québec et le site de l'AVÉQ facilite les démarches pour trouver un établissement indépendant dont le personnel est adéquatement formé en publiant une liste régulièrement mise à jour qui présentait en juillet 2020 une dizaine de références (AVÉQ, 2020, mise à jour juillet).

En somme, les services de réparation des concessionnaires, ainsi que le marché secondaire de l'automobile qui inclut les réparateurs indépendants, les fabricants et les distributeurs de pièces de rechange, d'outils et d'équipements, devront continuer de s'ajuster et de se développer. Cela leur permettra de répondre à la demande à mesure que le marché du VE prendra de l'expansion et que les véhicules en circulation s'useront.

De la même manière, les bornes et IRVE devront pouvoir compter sur un réseau d'électriciens compétents pour les réparer et des pièces de rechange doivent être disponibles pour maximiser la durée de vie des équipements.

### **3.3.7 Don et revente**

À l'instar des services d'entretien et de réparation, le don et la revente devraient se développer à mesure que les VE vont pénétrer le marché, et se calquer sur la situation prévalant actuellement pour les VCI. La possibilité d'obtenir un rabais à l'achat d'un VEE usagé ayant été ajoutée au programme Roulez vert, en 2017, devrait faciliter cela. Toutefois, le fait que cet incitatif ne soit offert que pour l'achat de véhicules d'occasion devant « être immatriculé[s] pour la première fois au Québec lors de la transaction » (TEQ, 2019b) limite peut-être un peu le potentiel à court terme de cette stratégie courante pour les biens de consommation durables.

Le cadre de cet essai n'a pas permis de trouver de données spécifiques à ce secteur, non plus que pour les bornes, pour le Québec. Toutefois, en France, on constate que les VE usagés sont surtout issus des flottes d'entreprises, à la fin de leurs périodes de location, et des flottes de véhicules utilisés en libre-service (Maniere, 2019, 2 novembre).

### **3.3.8 Reconditionnement**

L'existence de kits de conversion pour transformer un VCI en VE offre une piste intéressante de circularité en permettant un reconditionnement qui prolonge avantageusement la durée de vie des composantes de véhicules. Cette stratégie permet une réduction des besoins de nouvelles ressources, nécessaires à la fabrication d'un VE, en remplaçant le moteur à combustion par un système électrique. L'entreprise québécoise Ecotuned automobile a élaboré pour ce faire une structure brevetée permettant d'installer dans des camionnettes un moteur électrique, une batterie et un système de transmission. Réutilisable successivement dans cinq véhicules, ce système, développé notamment en collaboration avec le MTQ et la Société de l'assurance automobile du Québec, permet de prolonger la durée de vie des véhicules et de leur composants. (Ecotuned automobile, 2020; voir aussi Gervais, 2016)

Les batteries de véhicules hybrides, une technologie mise en marché il y a plus de 20 ans, sont reconditionnées depuis déjà un certain temps (Breton, 2019, 30 janvier). Toutefois, ce service ne semble pas pour le moment très répandu au Québec. En effet, une recherche en ce sens sur Internet ne renvoie qu'à deux ateliers, dans la région de Montréal (Batterie reconditionnée Toyota Prius hybride et Pro-mécanique

de la gare). Pour les batteries de VEE, il est maintenant possible de le faire (Breton, 2019, 30 janvier), mais cela est surtout offert par les constructeurs (Raymond, 2019, 17 mars), par exemple le Groupe Renault.

Les batteries utilisées dans les VE sont en fait des modules ou des blocs-batteries, constitués de plusieurs cellules, elles-mêmes faites d'électrodes, façonnées en piles (Nouveau Monde Graphite, 2017). C'est pourquoi, de façon générale, les produits conçus pour permettre leur démontage et le remplacement des parties usées ou défectueuses sont plus aisément réparables et reconditionnables. Ces stratégies d'écoconception, appliquées en amont, diminuent le besoin pour des ressources vierges.

Le réemploi est une autre façon de prolonger la durée de vie des ressources. Les batteries usagées peuvent avantageusement être reconditionnées et utilisées dans des installations de stockage d'énergie. Une des façons de prolonger la vie utile des batteries de VE, qui est d'environ 8 à 14 ans, voire beaucoup plus (AVÉQ, s. d.a; Propulsion Québec, 2019) avant que l'autonomie initiale ne descende à 70 % de la capacité de départ, consiste à les intégrer à des unités de stockage d'énergie (Jiao, s. d.). Les systèmes de stockage d'énergie permettent donc de prolonger l'usage des ressources, dans une industrie appelée à devenir au moins aussi importante que celle des VE (Langlois, 2019, 6 septembre), mais qui est elle aussi en phase de développement. Le premier constructeur à avoir commercialisé un tel système est Nissan, qui a lancé les *Green Charge Networks* en 2015. Des batteries de VE LEAF sont reconditionnées pour être ensuite utilisées dans des unités de stockage d'énergie fixes ou mobiles. (St. John, 2015, 15 juin)

De nombreux autres exemples de systèmes de stockage d'énergie existent, notamment le projet ELSA en France (R. Desrosiers, 2016, 31 octobre.), *Hornsedale Power Reserve* en Australie (Colthorpe, 2018, 6 décembre), ou le projet *BRIDGE* de l'Union européenne (Commission européenne, 2019). Hydro-Québec planche de son côté sur le développement d'unités de stockage d'énergie par le biais de son partenariat avec Sony Corporation dans Technologies Esstalion. Les modules de batteries utilisés sont toutefois construits à cette fin précise et utilisent la technologie lithium, fer et phosphate d'Hydro-Québec (Hydro-Québec, 2015, 8 juin) plutôt que d'être composés de batteries usagées.

En ce qui concerne les bornes, il ne semble pas y avoir actuellement d'initiatives de reconditionnement qui existent. Les recherches effectuées dans les limites de cet essai n'ont pas permis de trouver de documentation relative à cet égard, mais cette question demeure d'intérêt attendu que ces équipements devraient se déployer de manière considérable à court et à moyen terme. Les avancées technologiques ou même simplement l'usure vont faire en sorte que ces équipements devront trouver des solutions de gestion efficaces pour notamment prolonger la durée de vie des ressources les composant.

### 3.3.9 Économie de fonctionnalité

Un exemple d'économie de fonctionnalité dans le secteur de la mobilité est offert par SHARE NOW, une compagnie d'autopartage issue de la coentreprise formée en 2019 par Daimler AG et BMW. Unissant car2go, DriveNow et trois autres solutions de mobilité innovante, SHARE NOW est la plus grande compagnie d'autopartage au monde. Elle rend des véhicules des deux constructeurs disponibles à l'usage des consommateurs de 26 villes dans 14 pays. Une application du même nom permet de localiser et d'acheter l'usage des véhicules, ainsi que de trouver les points de recharge. (Faltum, 2019, 2 octobre; SHARE NOW, s. d.)

La québécoise Communauto a conclu un partenariat similaire avec le Groupe PSA, constructeur automobile français, en 2016. Ce partenariat avait pour objectifs de permettre l'accélération du développement international et du déploiement de la stratégie d'électrification de Communauto, ainsi que de consolider son leadership nord-américain. Pour le Groupe PSA, il fait écho à ses objectifs de répondre aux attentes de mobilité des clients et de développer le marché de l'Amérique du Nord. (Groupe PSA, Communauto et MacKinnon Bennett & Compagnie inc. 2016, 28 septembre) Les voitures Peugeot, Citroën et DS du constructeur ne sont toutefois pas utilisées au Canada, limitant donc pour le moment l'application de la stratégie d'économie de fonctionnalité. En effet, sa définition précise qu'elle est portée par les fabricants et les manufacturiers, qui conçoivent leurs produits dans le but d'en vendre l'usage seulement, assurant la gestion complète de leur cycle de vie.

Un autre bel exemple d'économie de fonctionnalité est présenté par le Groupe Renault, qui loue les batteries de VE à ses clients, dans un modèle d'affaires en cycle de vie complet. Cette stratégie permet notamment un meilleur taux de collecte que celui des batteries de téléphones et ordinateurs portables. Quand elles ont perdu 30 % de leur capacité, les batteries sont réemployées, réutilisées ou recyclées, dans des usages en cascade. Une part des batteries est réemployée dans des unités de stockage d'énergie éolienne ou solaire (projet ELSA). À la fin de leur vie, les batteries sont recyclées pour en extraire les métaux (cobalt, nickel, cuivre, manganèse, aluminium, et moins de 1 % de lithium). En résultent des coproduits et des matières premières secondaires pouvant être réintroduits dans la production. Ces pratiques, combinées à d'autres, font en sorte que les véhicules Renault sont faits de 30 % de matériaux issus du recyclage. (Groupe Renault, s. d.)

Au Québec, Héroux-Devtek et Pratt&Whitney, qui œuvrent dans le secteur aéronautique, ont intégré cette stratégie à leurs modèles d'affaires en louant des trains d'atterrissage et des moteurs d'avions. En assurant aussi les services d'entretien et de réparation, ils prolongent la durée de vie des produits et des composants. (Gervais, 2016)

Cette stratégie pourrait être appliquée au transport en commun, grâce au changement de la relation d'affaires entre les sociétés de transport et les fabricants, qui vendraient de cette façon des usages (des déplacements, des kilomètres ou des heures de service) plutôt que des produits. Les transports en commun pourraient ainsi migrer vers un service au sens large et s'inscrire en même temps dans une stratégie d'optimisation des opérations (voir 3.3.3). Cette approche de fonctionnalité favorise aussi l'optimisation du côté des manufacturiers, qui voudront certainement ajuster leurs modes de production afin d'être en mesure de maximiser leur rentabilité en concevant des produits performants, résistants, réparables et recyclables.

En ce qui concerne les IRVE, le réseau de Superchargeurs de Tesla est le plus bel exemple d'économie de fonctionnalité. Les installations en milieu de travail faites par le biais d'un contrat de location à long terme auprès des fabricants québécois le sont aussi. Quant au réseau public de recharge Circuit électrique, il pourrait être considéré comme une solution d'économie de fonctionnalité dans le sens où le partenariat entre Hydro-Québec et le fabricant permet d'offrir la fonction de recharge sans que les utilisateurs n'aient à se procurer les équipements, dont la gestion et l'entretien demeurent la responsabilité du Circuit électrique.

### **3.3.10 Écologie industrielle**

Il existe actuellement un Centre d'essais pour véhicules automobiles à Blainville. L'Institut du véhicule innovant est situé à Saint-Jérôme. De plus, Sherbrooke Innopole accueille des organisations des filières-clés de technologies propres et de fabrication de pointe. Ces endroits pourraient servir de point d'ancrage au développement d'un ou plusieurs parcs industriels dont les organisations constituantes œuvreraient dans le secteur des transports électrifiés. Un regroupement et une mise en lien permettraient une mutualisation des ressources complémentaires, tant matérielles et techniques qu'humaines. La recherche et le développement, tout comme la démonstration et l'expérimentation de divers prototypes et technologies en seraient facilités et vraisemblablement accélérés (Propulsion Québec, 2020b). Une image d'un tel écosystème pourrait être un *Silicon Valley* de talents et de bonnes pratiques circulaires en transports électrifiés. Des exemples documentés de telles actions ne semblent toutefois pas exister actuellement. Avec l'essor attendu des organisations du secteur de l'électrification, des échanges de ce type devraient être recherchés ou prévus par elles afin de diminuer autant que possible les besoins en ressources, peu importe leur localisation ou les activités des entreprises voisines. La communauté Synergie Québec (le regroupement québécois des symbioses industrielles) ainsi que les agents du Fonds Écoleader détiennent une expertise à ce niveau qu'il conviendrait de mettre à profit (Fonds Écoleader, 2020).



### 3.3.11 Recyclage et compostage

L'Association des recycleurs de pièces d'autos et de camions du Québec (ARPAC), avec ses quelque 80 membres, assure la récupération et le recyclage des pièces des véhicules hors d'usage, qu'ils soient des VCI ou des VE. Cela permet d'approvisionner le marché en pièces détachées pour leur réemploi, après un démontage minutieux des véhicules. Certaines pièces sont reconditionnées avant d'être elles aussi remises en circulation. En conséquence, chaque année, pour le seul marché québécois, les membres de l'ARPAC remettent pour 200 M\$ de pièces d'automobile en circulation. Cela équivaut à des économies de 0,5 G\$ par rapport à des pièces neuves et à la réduction d'une valeur équivalente d'activités industrielles polluantes. (S. Matte, communication personnelle, 20 juillet 2020) D'autres composantes automobiles, comme les pneus, sont majoritairement recyclées (RECYC-QUÉBEC, 2018).

Le secteur du recyclage des batteries lithium-ion est pour le moment peu développé. En 2019, seulement deux usines canadiennes sont en activité soit Glencore en Ontario et Retriev en Colombie-Britannique. Seule Retriev est pour le moment en mesure de récupérer efficacement les matières premières des batteries lithium-ion, matières qui sont ensuite acheminées en Norvège pour un traitement subséquent. Aux États-Unis, il n'y a qu'un projet de développement d'une usine, qui sera située dans l'État de New York. Cette filière n'est donc pas actuellement structurée. (Propulsion Québec, 2019).

Toutefois, la compagnie québécoise Recyclage Lithion, située à Anjou, planche depuis 2018 sur un projet pilote de développement d'une usine capable de traiter 200 tonnes métriques par année de ces matières dangereuses, soit 300 à 650 batteries de voitures. Nommé Lion, ce projet fait appel à une technologie hydrométallurgique. (Recyclage Lithion, 2019) Ce procédé est plus écologique et demande moins d'énergie que le recyclage pyrométallurgique actuellement plus usité (Propulsion Québec, 2019). Une usine commerciale d'une capacité de traitement de 2 000 tonnes métriques (4 000 batteries de VE) devrait ensuite être développée, pour qu'enfin la technologie soit déployée mondialement dans des usines commerciales exploitées sous licence. Les objectifs sont de traiter 10 000 tonnes par année dans 40 installations, à raison de 10 en Amérique du Nord et en Europe et 20 en Asie. La rentabilité à petite échelle de cette technologie permet d'envisager le traitement local des batteries de VE consommées. (Recyclage Lithion, 2019)

Étant donné la croissance attendue du parc de VE dans les prochaines années et dans un objectif de circularité, il est d'importance d'assurer une capacité de traitement suffisante pour répondre à la demande en temps opportun. Ce sont en effet entre 17 500 et 26 400 tonnes de batteries issues du marché québécois qui devraient nécessiter un recyclage en 2030 (Propulsion Québec, 2019, p. 26).

La gestion en fin de vie des bornes et des IRVE ne semble pas pour le moment figurer au nombre des préoccupations liées à l'électrification des transports, pas même par les constructeurs et les concessionnaires (Propulsion Québec, 2019). Pourtant, ce sont en définitive des équipements électriques et électroniques au même titre que tous les autres chargeurs de batteries, par exemple pour les téléphones portables. L'approche de responsabilité élargie des producteurs pourrait sans doute être appliquée à ces équipements qui sont appelés à se multiplier rapidement.

Certaines solutions existent toutefois déjà pour le recyclage des câbles et des fils électriques, des produits nécessaires dans les bornes et les IRVE. La compagnie Nexans de Montréal-Est fait partie d'un groupe détenant une participation importante (36 %) dans Recycâbles, une entreprise française de recyclage de câbles. (Gervais, 2016) Par des procédés de tri, de découpe et de broyage, Recycâble valorise plus de 30 000 tonnes de câbles par année en France. Des grenailles de cuivre pures à 99,9 % sont des coproduits de ce procédé. (Suez, 2018, 25 octobre) Combinées à l'écoconception, ces technologies de recyclage constitueraient des stratégies utiles au développement de transports électrifiés durables si elles étaient appliquées aux équipements de recharge (bornes et IRVE).

### **3.3.12 Valorisation**

Les activités des entreprises du secteur de la récupération et du recyclage de véhicules, comme les membres de l'ARPAC, permettent de récupérer et de remettre en circulation une grande part des composantes. Ainsi, les résidus ultimes résultant du broyage des carcasses dépouillées des composantes ayant été récupérées sont faits de plastique, d'alliages de métaux, de matières mélangées (tissus, mousses de rembourrage, verre, fils électriques, caoutchouc, etc.) ainsi que de produits halogénés et de mercure. Ces résidus de broyage automobile, souvent appelés *fluff*, sont généralement utilisés comme matériel de recouvrement journalier dans les lieux d'enfouissement technique. Les matières sont ainsi valorisées. Elles pourraient aussi être l'objet de valorisation énergétique en étant par exemple utilisées comme combustible, dans des cimenteries ou d'autres industries. Toutefois, sur la base des principes de l'EC qui visent à maintenir la valeur des produits et des composants et de maximiser la recirculation des ressources, cette stratégie ne devrait être utilisée qu'en dernier recours (Legros et Spreutels, 2016). En définitive, encore une fois, des améliorations au niveau de la conception permettraient de diminuer les pertes de ressources et la dispersion de contaminants dans l'environnement. (RECYC-QUÉBEC, 2008)

Une voie d'innovation pour diminuer le volume de ces résidus ultimes serait le développement de nouveaux procédés de déchiquetage et de séparation des matières, notamment les métaux. Un projet de cette nature a déjà été envisagé par l'ARPAC dans la région de Bécancour. Cependant, la valeur attendue des sous-

produits récupérés de cette manière n'étant pas assez élevée, le projet n'a pas réussi à démontrer sa viabilité économique et a été abandonné pour le moment. (S. Matte, communication personnelle, 20 juillet 2020)

En ce qui concerne les bornes, les IRVE et les batteries, cette étape ultime de la chaîne requiert des innovations. Comme l'ont démontré les sections précédentes, les préoccupations concernant la fin de vie de ces produits sont plutôt émergentes. Les autres stratégies de circularité, notamment illustrées par les solutions précédemment présentées, permettraient de limiter et idéalement d'éliminer les quantités de matières à être valorisées.

En somme, bien que la valorisation soit une stratégie de circularité, elle est de façon générale, la dernière à envisager (Legros et Spreutels, 2016). Il était quand même important de l'aborder pour faire le tour des solutions possibles, puisqu'il s'agit de l'objectif de ce chapitre. Toutefois, leur spécificité et leur pertinence à l'égard de l'électrification des transports sont limitées. C'est pourquoi ces solutions ne seront pas retenues dans le cadre des analyses et des recommandations à venir dans la suite de cet essai.

### **3.4 Combinaisons de stratégies**

Comme la nature même de l'EC le porte, il est possible, et souhaitable, de combiner les différentes stratégies dans des approches touchant l'ensemble d'une organisation, d'un secteur ou d'une filière. Cela permet la collaboration entre l'ensemble des parties prenantes et des acteurs qui constituent les maillons de la chaîne de valeur d'un secteur. Les motivations en mesure de susciter cette coopération peuvent être des économies d'échelle, des investissements importants qui requièrent un certain niveau d'engagement des partenaires, le besoin de lever des barrières réglementaires ou de transformer des habitudes de consommation. Une capitalisation des savoir-faire, un échange de compétences et la mise en valeur de synergies entre diverses entreprises sont d'autres raisons pour envisager cette approche. (Institut Montaigne, 2016)

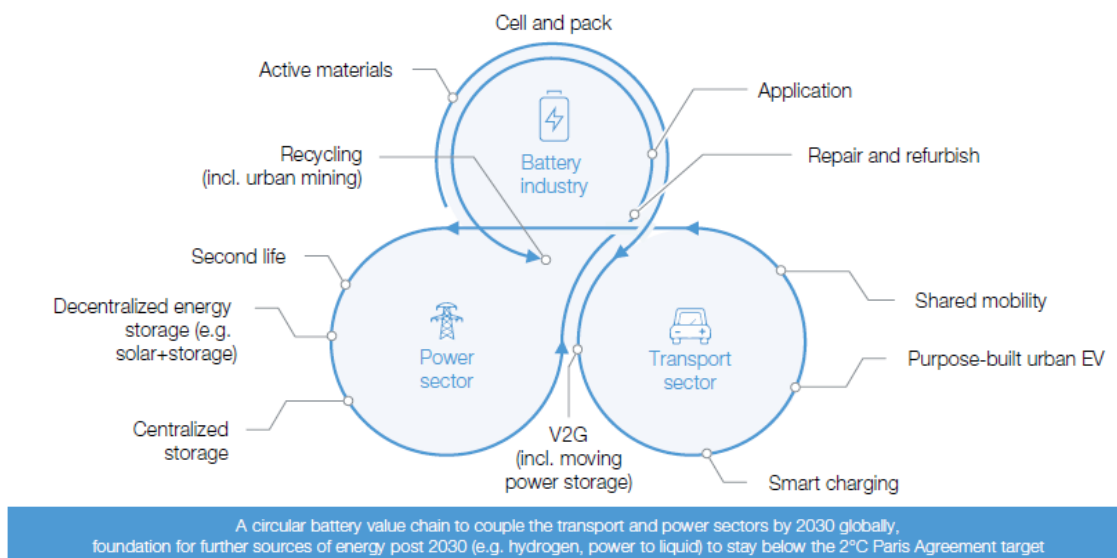
Il est donc possible de recourir à l'EC pour « structurer une chaîne de valeur complète de l'électrification des transports, de l'extraction du minerai à la fabrication de véhicules et au recyclage des batteries », comme souhaite le faire Investissement Québec (2020, 3 février). Les nombreux et compétents acteurs québécois du secteur des transports électrifiés pourraient ainsi être mis en lien pour développer une filière performante, viable et durable.

Un modèle de chaîne de valeur circulaire, responsable et juste, couplant le transport et l'énergie a été proposé par le *World Economic Forum* (WEF) (2019). Présentée à la figure 3.3, cette approche systémique incluant les dimensions sociales, environnementales et économiques permettrait mondialement le développement durable de 10 M d'emplois et pourrait donner accès à l'électricité à 600 M de personnes. En effet, la

diminution des coûts des batteries permet de développer des solutions de stockage d'énergie, particulièrement utiles dans les régions isolées. Les batteries d'une telle chaîne contribueraient à 30 % des réductions d'émissions requises dans le secteur des transports et de l'énergie pour atteindre l'objectif de 2 degrés Celsius de l'accord de Paris. De meilleures pratiques d'approvisionnements, responsables et durables, entraîneraient aussi des avantages sociaux et environnementaux importants en termes de réduction de la pollution.

Selon le WEF, les batteries sont donc le principal levier par lequel la décarbonation des transports peut être faite à court terme. Le défi est de produire, déployer, reconditionner et collecter en fin de vie les batteries, dans une chaîne circulaire, responsable tout au long du processus. Un usage optimisé de ces batteries, notamment dans des systèmes de stockage d'énergie, permet aussi de fournir de l'énergie propre et renouvelable, diminuant de fait les besoins en énergie génératrice de GES comme le pétrole. Les IRVE doivent faire partie de cette chaîne, tout comme le reste des composantes des voitures elles-mêmes. Cinq leviers sont donc identifiés comme porteurs d'importants impacts à la fois environnementaux et économiques. Il s'agit de la mobilité électrique partagée, la recharge intelligente et la gestion d'énergie V2G, la réparation et le reconditionnement, le réemploi des batteries de VE en fin de vie et le recyclage. (WEF, 2019)

#### Establish a circular value chain that quickly couples the transport and power sectors



**Figure 3.3 Chaîne de valeur circulaire, secteurs transports et énergie** (tiré de : WEF, 2019, p. 25)

Bien que l'EC privilégie des boucles courtes et locales, une telle chaîne de valeur sectorielle peut être adaptée à l'échelle territoriale (ville, région, province), tout en s'inscrivant au besoin dans un ensemble synergique plus global, à l'échelle d'un ou plusieurs pays.

L'écologie industrielle relie de manière symbiotique des entreprises variées. Selon l'échelle d'application de cette stratégie, elle peut concerner des acteurs d'une même filière ou simplement d'une situation géographique de proximité. Les possibilités d'échanges ou de mutualisations sont multiples et le calcul de leurs retombées peut inclure des externalités positives affectant d'autres champs que ceux ici à l'étude. Il peut donc être difficile de les quantifier précisément, mais leurs bénéfices n'en sont pas moins réels.

Chaque organisation peut aussi appliquer des stratégies de circularité dans son propre modèle d'affaires. Les externalités positives engendrées par ces pratiques peuvent alors agir en synergie avec un modèle plus vaste qui serait par exemple appliqué à une filière ou à une chaîne de valeur, comme celle des transports électrifiés.

### 3.5 Synthèse des solutions utiles à l'électrification des transports et parties prenantes

Le tableau 3.3 présente une synthèse des solutions issues des stratégies d'EC susceptibles de favoriser un déploiement responsable des transports électrifiés identifiées dans ce chapitre. Pour rappel, les solutions de valorisation sont exclues, puisqu'elles sont les dernières à envisager. Les solutions retenues sont donc les plus utiles et les principales parties prenantes en lien avec celles-ci complètent le tableau. Les solutions retenues sont regroupées en fonction de leur applicabilité par secteur – filière – à l'étude, soit les batteries, les VE ou les IRVE, ou encore selon leur pertinence globale ou spécifique à un aspect, en lien avec l'électrification des transports.

**Tableau 3.3 Solutions d'économie circulaire retenues et principales parties prenantes concernées**

	Solutions	Principales parties prenantes
<b>Filière batteries</b>		
	Optimisation des opérations d'extraction des matières minérales	Compagnies minières Gouvernements, fédéral et provincial Riverains et citoyens
	Optimisation des opérations de transformation des matières minérales	Transformateurs, manufacturiers Chercheurs et experts
	Écoconception	Concepteurs Manufacturiers Acheteurs de batteries (manufacturiers de véhicules)
	Location	Vendeurs ou manufacturiers de véhicules et batteries Consommateurs
	Entretien et réparation	Vendeurs ou manufacturiers de véhicules et batteries Réseaux de garagistes

**Tableau 3.3 Solutions d'économie circulaire retenues et principales parties prenantes concernées**  
(suite)

	<b>Solutions</b>	<b>Principales parties prenantes</b>
<b>Filière batteries (suite)</b>	Reconditionnement des batteries pour stockage d'énergie	Gouvernement (Hydro-Québec, RECYC-QUÉBEC) Utilisateurs d'unités de stockage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Populations isolées</li> <li>• Population en général</li> <li>• Entreprises et industries</li> </ul> Entreprises pour effectuer la collecte et le reconditionnement <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recycleurs et réparateurs de batteries</li> <li>• Vendeurs ou manufacturiers de véhicules et de batteries</li> <li>• Réseaux de garagistes et recycleurs de véhicules</li> <li>• Transporteurs</li> </ul>
	Don et revente	Consommateurs Recycleurs, réparateurs et vendeurs de batteries
	Recyclage	Vendeurs ou manufacturiers de véhicules et batteries Réseaux de garagistes et de recycleurs de véhicules Transporteurs de matières recyclées Recycleurs et réparateurs de batteries Gouvernement (RECYC-QUÉBEC)
<b>Filière VE</b>		
	Écoconception de VE modulaires	Concepteurs et fabricants de véhicules québécois Gouvernement provincial et municipalités Sociétés publiques de transport Concessionnaires et revendeurs Industrie du démantèlement et du recyclage des véhicules Organisations spécialisées en écoconception (ex. : Institut du véhicule innovant, Centre de technologies avancées BRP – Université de Sherbrooke)
	Utilisation en partage ou comme service de VE modulaires écoconçus	Concepteurs et fabricants de véhicules québécois Gouvernement provincial et municipalités Sociétés publiques et privées de transport Opérateurs de plateformes de partage Individus
	Consommation et approvisionnement responsables	Gouvernement provincial et municipalités Organisations, entreprises Individus
	Optimisation des déplacements	Développeurs et opérateurs de plateformes ou d'applications Individus Organisations publiques et privées
	Économie collaborative	Individus et organisations privées et publiques
	Location court terme	Entreprises de location de véhicules Consommateurs
	Économie de fonctionnalité	Fabricants Consommateurs privés et publics
	Entretien et réparation	Consommateurs privés et publics Concessionnaires et garagistes
	Reconditionnement – conversion	Consommateurs Garagistes et entreprises capables de le faire
	Don et revente	Consommateurs Réseaux de concessionnaires et de vendeurs de véhicules usagés
	Recyclage	Recycleurs de véhicules

**Tableau 3.3 Solutions d'économie circulaire retenues et principales parties prenantes concernées**  
(suite)

	<b>Solutions</b>	<b>Principales parties prenantes</b>
<b>Filière IRVE</b>		
	Écoconception des bornes	Concepteurs et manufacturiers Gouvernements (législation ou normalisation)
	Écoconception des IRVE	Concepteurs et manufacturiers Opérateurs et utilisateurs commerciaux d'IRVE
	Économie collaborative	Utilisateurs individuels, privés ou publics Hydro-Québec (tarifs)
	Économie de fonctionnalité	Fabricants Consommateurs privés et publics Hydro-Québec (tarifs)
	Entretien et réparation	Consommateurs Manufacturiers et distributeurs
	Don et revente	Consommateurs Distributeurs et vendeurs
	Recyclage	Gouvernement (RECYC-QUÉBEC) Recycleurs d'appareils électriques et électroniques
<b>Autres stratégies</b>		
	Écologie industrielle	Acteurs de l'écosystème manufacturier Synergie Québec Gouvernement provincial et municipalités
	Modèles d'affaires circulaires	Organisations privées et publiques
	Écoconception d'aménagement du territoire	Gouvernement provincial Municipalités

## **4. ANALYSE DU POTENTIEL DES SOLUTIONS IDENTIFIÉES**

Les chapitres 1 et 2 ont dressé le portrait du contexte et des enjeux de l'électrification des transports au Québec. Le chapitre 3 a recensé les solutions qui existent déjà dans la province, auxquelles s'ajoutent des exemples de meilleures pratiques d'ailleurs dans le monde ou d'autres secteurs, pour les aspects moins bien développés. Dans le contexte particulier de l'année 2020, où une relance économique est nécessaire, et puisque les enjeux environnementaux prennent une importance qui ne saurait être écartée, le présent chapitre vise à analyser le potentiel des solutions d'économie circulaire identifiées, pour un développement écoresponsable du transport électrifié des personnes au Québec.

### **4.1 Limites de l'analyse**

Il est important de souligner qu'une part qualitative et subjective importante est liée à l'analyse menée dans le cadre de cet essai parce qu'il n'existe pas à l'heure actuelle d'analyses de cycle de vie et de flux de matières pour chaque solution. Par ailleurs, les indicateurs d'intérêt pour la mesure de l'économie verte, notamment de la circularité, souffrent d'un manque de consensus et les pratiques à cet égard ont besoin de se développer. L'Institut de la statistique du Québec a proposé en juin 2020 un cadre conceptuel à cette fin, mais on remarque qu'une large proportion des données relatives à ces indicateurs d'intérêt demeurent à produire pour le Québec (Institut de la statistique du Québec, 2020).

Des besoins d'analyses et d'évaluations quantitatives plus poussées existent donc, notamment en regard de la faisabilité technico-économique et des retombées sociales. Il est de plus difficile de quantifier les retombées issues des stratégies appliquées de manière synergique. Les aspects prospectifs inhérents au besoin de repenser les modes de production et de consommation mériteront subséquemment des analyses plus détaillées, afin de trouver la mécanique spécifique nécessaire à l'avènement d'un fonctionnement circulaire répondant aux objectifs et aux aspirations des parties prenantes.

Ainsi, c'est en gardant en tête les objectifs de réduction de GES des divers plans d'action en lien avec l'électrification des transports, tout comme les principes de l'EC qui visent à diminuer les besoins en ressources et à optimiser l'usage de celles en circulation, que l'analyse est menée. Autrement dit, les questions sous-jacentes à l'évaluation seront de savoir si les principes et les stratégies sont aidantes en regard de la problématique, si elles sont applicables, et si cela est plus ou moins facilement envisageable dans l'état actuel des choses.



## 4.2 Méthodologie de l'analyse

Une analyse multicritère des 29 solutions retenues est menée dans le but d'évaluer quels sont les acquis et les éléments manquants, ainsi que les freins et leviers qui leur sont liés.

Les critères retenus pour l'analyse sont au nombre de six et ils sont présentés au tableau 4.1. Chacun d'eux est décrit et le système de notation est précisé. La valeur zéro est exclue de l'échelle dans le but de favoriser une répartition plus étendue des résultats.

**Tableau 4.1 Description des critères et du système de notation**

Critère	Descriptif	Échelle de pointage et pondération
Niveau de maturité au Québec	Degré de développement et d'implantation de la solution, au Québec	-2 : Innovation basée sur les principes d'EC requise -1 : Solution qui existe ailleurs, mais peu ou pas au Québec 1 : En développement ou en démonstration au Québec 2 : En opération au Québec 3 : À maturité au Québec ou expertise québécoise reconnue  Pondération : 2
Niveau de circularité	Niveau hiérarchique de la solution selon les principes de l'économie circulaire	1 : Solution accompagnant la circularité en donnant une nouvelle vie aux ressources. Correspond au niveau 2.3 du schéma de l'Institut EDDEC 2 : Solution prolongeant la durée de vie des composants et produits. Correspond au niveau 2.2 du schéma de l'Institut EDDEC 3 : Solution intensifiant l'usage des composants et produits. Correspond au niveau 2.1 du schéma de l'Institut EDDEC 4 : Solution visant les pratiques pour réduire la consommation des ressources et de préserver les écosystèmes. Correspond au niveau 1 du schéma de l'Institut EDDEC  Pondération : 1
Freins et leviers	Évaluation du nombre de freins par rapport aux leviers, dans l'état actuel, en vue de la réalisation de la solution	-2 : Beaucoup plus de freins -1 : Plus de freins 1 : Plus de leviers 2 : Beaucoup plus de leviers  Pondération : 1

**Tableau 4.1 Description des critères et du système de notation (suite)**

<b>Critère</b>	<b>Descriptif</b>	<b>Échelle de pointage et pondération</b>
Potentiel de retombées économiques	Évaluation du niveau d'investissements requis, dans l'état actuel, par rapport aux retombées potentielles	1 : Investissements élevés requis 2 : Investissements moyens requis 3 : Investissements faibles requis  Pondération : 2
Potentiel de retombées environnementales	Évaluation des niveaux de réduction des besoins en ressources et potentiel de réduction d'émissions de GES	1 : Réductions faibles 2 : Réductions moyennes 3 : Réductions élevées  Pondération : 2
Potentiel de retombées sociales	Évaluation des bénéfices sociaux : santé, économiques individuels, qualité de vie	1 : Retombées faibles 2 : Retombées moyennes 3 : Retombées élevées  Pondération : 1

Les critères Niveau de maturité au Québec, Potentiel de retombées économiques et Potentiel de retombées environnementales seront pondérés par un facteur de 2. Ces éléments sont en effet considérés comme les plus importants pour répondre à la fois à l'objectif de l'essai et aux objectifs gouvernementaux en lien avec l'électrification des transports.

Le niveau de circularité ne sera pas pondéré puisque l'évaluation du niveau reflétera déjà la place proportionnelle à son importance.

Les acquis et les leviers, les manques et les freins, tout comme les retombées potentielles, sont évalués sur la base des informations recueillies dans les diverses sources consultées pour la réalisation des trois chapitres précédents. Des conversations avec des experts du secteur ont complété la recherche d'information. Les tableaux détaillés de ces analyses sont présentés à l'annexe 3. Cette analyse préalable des freins et leviers permet une évaluation globale qui n'aura pas à être ensuite pondérée dans l'analyse multicritère puisque l'importance relative des divers éléments aura déjà été considérée.

La note finale allouée à chaque solution est le résultat de l'addition des notes obtenues pour chaque critère. Elle permettra de constater lesquelles sont les plus abouties et d'identifier celles nécessitant le plus d'attention pour générer leur plein potentiel.

### **4.3 Résultats**

Les résultats de l'analyse multicritère présentés au tableau 4.2 reflètent les pointages obtenus pour chaque solution. Les solutions identifiées sont classées selon la filière spécifique à laquelle elles sont liées, soit les

batteries, les véhicules et les infrastructures de recharge. De cette façon, les éléments de chaque filière et de toute la chaîne de valeur sont couverts. Une quatrième catégorie présente les solutions qui ne sont pas spécifiques à un secteur particulier. Deux totaux sont présentés, le premier (Total pondéré) évalue le potentiel de chaque solution en incluant la note relative au niveau de maturité de la solution au Québec. Le deuxième exclut cette donnée pour notamment permettre de discerner les solutions les plus intéressantes, sans égard à leur niveau de développement actuel dans la province.

**Tableau 4.2 Résultats de l'analyse multicritère**

	Maturité au Québec (x2)	Niveau circularité	Freins-leviers	Retombées potentielles			Total pondéré	Total pondéré excluant maturité au Québec
				Économiques (x2)	Environnementales (x2)	Sociales		
<b>Filière Batteries</b>								
Optimisation des opérations d'extraction des matières minérales	1	4	1	2	2	2	<b>17</b>	<b>15</b>
Optimisation des opérations de transformation des matières minérales	-1	4	-1	2	2	1	<b>10</b>	<b>12</b>
Écoconception	-1	4	-1	1	3	1	<b>10</b>	<b>12</b>
Location	-1	3	-1	2	2	2	<b>10</b>	<b>12</b>
Entretien et réparation	1	2	1	2	3	2	<b>17</b>	<b>15</b>
Reconditionnement des batteries pour stockage d'énergie	-1	2	2	2	3	3	<b>15</b>	<b>17</b>
Don et revente	1	2	1	3	2	3	<b>18</b>	<b>16</b>
Recyclage	1	1	1	2	3	1	<b>15</b>	<b>13</b>

**Tableau 4.2 Résultats de l'analyse multicritère (suite)**

	Retombées potentielles							
	Maturité au Québec (x2)	Niveau circularité	Freins-leviers	Économiques (x2)	Environnementales (x2)	Sociales	Total pondéré	Total pondéré excluant maturité au Québec
<b>Filière VE</b>								
Écoconception de VE modulaires	-1	4	-1	2	3	3	<b>14</b>	<b>16</b>
Utilisation en partage ou comme service de VE modulaires écoconçus	-2	4	-1	2	3	3	<b>12</b>	<b>16</b>
Consommation et approvisionnement responsables	1	4	1	3	3	3	<b>22</b>	<b>20</b>
Optimisation des déplacements	1	4	1	2	3	2	<b>19</b>	<b>17</b>
Économie collaborative	2	3	1	2	3	3	<b>21</b>	<b>17</b>
Location court terme	3	3	2	3	2	2	<b>23</b>	<b>17</b>
Économie de fonctionnalité	1	2	-1	2	3	3	<b>16</b>	<b>14</b>
Entretien et réparation	2	2	1	3	3	2	<b>21</b>	<b>17</b>
Reconditionnement – conversion	2	2	1	3	3	2	<b>21</b>	<b>17</b>
Don et revente	1	2	2	3	2	2	<b>18</b>	<b>16</b>
Recyclage	3	1	2	3	3	1	<b>22</b>	<b>16</b>
<b>Filière IRVE</b>								
Écoconception bornes	-2	4	2	3	2	2	<b>14</b>	<b>18</b>
Écoconception IRVE	-1	4	1	2	2	2	<b>13</b>	<b>15</b>
Économie collaborative	1	3	1	2	3	3	<b>19</b>	<b>17</b>
Économie de fonctionnalité	1	2	1	2	2	3	<b>16</b>	<b>14</b>
Entretien et réparation	1	2	2	1	3	2	<b>16</b>	<b>14</b>
Don et revente	1	2	2	3	2	2	<b>18</b>	<b>16</b>
Recyclage	-2	1	2	3	3	2	<b>13</b>	<b>17</b>
<b>Autres solutions</b>								
Écologie industrielle	2	1	-1	2	2	3	<b>15</b>	<b>11</b>
Modèles d'affaires circulaires	1	4	1	2	2	3	<b>18</b>	<b>16</b>
Écoconception d'aménagement du territoire	-1	4	1	1	3	3	<b>14</b>	<b>16</b>

#### 4.4 Interprétation des résultats

Les totaux pondérés, calculés avec les valeurs extrêmes possibles selon l'échelle de pointage précisée au tableau 4.1, sont de 0 comme minimum et de 27 comme maximum. Pour discriminer la répartition des résultats obtenus pour chaque solution, des seuils sont établis aux valeurs 9 et 18 pour marquer les tiers, et à 14 pour indiquer la moitié.

En obtenant des pointages entre 10 et 18 (Total pondéré), 21 des 29 solutions, dans leur état de maturité actuel, se situent au seuil médian, soit le deuxième tiers. Les huit solutions qui obtiennent les meilleurs pointages sont présentées au tableau 4.3.

**Tableau 4.3 Solutions obtenant les meilleurs pointages**

<b>Solution</b>	<b>Pointage</b>
Optimisation des déplacements (VE)	19
Économie collaborative (IRVE)	19
Économie collaborative (VE)	21
Entretien et réparation (VE)	21
Reconditionnement – conversion (VE)	21
Recyclage (VE)	22
Consommation et approvisionnement responsables (VE)	22
Location court terme (VE)	23

De ces huit solutions obtenant les plus hauts pointages, deux sont de niveau de circularité 4, sur les onze solutions de niveau 4 identifiées au tableau 4.2. Il s’agit d’Optimisation des déplacements en véhicule et Consommation et approvisionnement responsables de véhicules. Ces deux solutions sont largement tributaires des comportements des individus et un important facteur de volonté est nécessaire pour en matérialiser la mise en application. Elles sont toutefois adoptées et appliquées par un nombre sans cesse grandissant de groupes, d’entreprises et de communautés. On peut notamment penser aux acheteurs de VE, à la communauté des utilisateurs des transports en commun, de Communauto ou de services de covoiturage, ainsi qu’à plusieurs municipalités et entreprises. Il est à propos de noter que la consommation et l’approvisionnement responsables comportent toujours un potentiel d’externalités positives, qui se bonifie si elles sont appliquées en lien avec des éléments de transport électrique. En d’autres mots, ces solutions sont positives de façon générale et les gains qu’elles engendrent s’amplifient quand les VE entrent en jeu. L’importance de l’information et de la sensibilisation pour améliorer la performance de ces solutions ne saurait être trop soulignée.

Un des grands freins au verdissement et à la circularisation des transports est la culture du véhicule individuel. En effet, comme il fut rapporté précédemment, il ne s’agit pas de remplacer toutes les voitures par des VE mais bien d’en diminuer le nombre, de les utiliser plus intensivement et d’en prolonger la durée de vie. À ce niveau, l’analyse multicritère (tableau 4.2) révèle que dans la filière spécifique aux VE, le Québec est bien positionné. Les solutions de location court terme, d’économie collaborative ainsi que de reconditionnement et conversion des véhicules sont bien implantées et leur déploiement à plus grande échelle peut être, entre autres, soutenu par le partage des connaissances et des expériences probantes.

Les solutions de consommation responsable et d'économie collaborative pour le VE sont également toutes deux facilitées par l'information et l'éducation. Attendu les intentions exprimées dans le Baromètre de l'action climatique, il est logique de croire que plus les gens seront informés des faits comme les impacts environnementaux et les solutions de rechange disponibles, plus faciles seront les changements.

De l'ensemble des solutions du tableau 4.2, celles obtenant les moins bons pointages, peu importe que soit considéré ou non le niveau de maturité au Québec, sont Optimisation des opérations de transformation des matières minérales, Écoconception des batteries et Location des batteries.

Quant à l'écologie industrielle, elle obtient des valeurs de 15 et 11, selon que soit inclus ou exclu le niveau de maturité au Québec, la situant donc dans le tiers central et sous le seuil médian. C'est une stratégie qui a fait ses preuves, mais son déploiement doit encore s'intensifier au Québec et les acquis en ce domaine peuvent être transposés aux filières des transports électrifiés. Pour mettre diverses organisations en lien, une proximité géographique entre elles facilite le processus. Or, les acteurs de l'écosystème des transports électrifiés sont répartis dans différentes régions. Chacune d'entre elles aurait quand même tout avantage à faire des échanges avec ses voisins, même s'ils n'œuvrent pas dans le même secteur. De plus, de nouvelles entreprises devraient aussi voir le jour en réponse au développement de nouveaux marchés ou de nouvelles expertises utiles au développement de la chaîne de valeur. Des pôles comme Sherbrooke, Blainville, Saint-Jérôme ou Trois-Rivières, qui accueillent déjà des joueurs importants du secteur, pourraient être de bons endroits où installer de nouvelles organisations afin que des liens synergiques se créent.

Peu d'autres généralités peuvent être énoncées quant aux résultats obtenus pour l'ensemble des solutions retenues, mais l'exercice de pointage permet d'embrasser de manière globale quelles sont celles qui se démarquent en termes de potentiel de retombées et de niveau d'aboutissement. Afin de raffiner l'analyse, un regard sur les solutions les plus précisément et directement applicables à une chaîne de valeur complète des transports électrifiés, par l'intégration des trois filières, sera l'objet de la section suivante.

#### **4.4.1 Interprétation des résultats dans une approche par chaîne de valeur intégrant les trois filières**

Comme le rapporte le chapitre 1, le gouvernement québécois ambitionne de structurer une chaîne de valeur d'électrification des transports québécoise complète, allant de l'extraction du minerai au recyclage des batteries, en passant par la fabrication de véhicules (Investissement Québec, 2020, 3 février).

En effet, malgré l'étendue et la diversité des ressources et des savoir-faire québécois en matière de transports électrifiés, ils ne se sont pas déployés aussi rapidement que ce qui était souhaité depuis les quelque 10 dernières années. De plus, les objectifs du gouvernement sont devenus plus ambitieux avec l'annonce

relative au développement d'une chaîne de valeur complète ainsi qu'avec la volonté d'augmenter de 500 000 voitures la cible de VE à l'horizon 2030, en la faisant passer à 1,5 M. Pourtant, les orientations stratégiques et les mesures envisagées par la politique-cadre d'électrification et de lutte aux changements climatiques à venir ne semblent pas suffisantes pour atteindre les cibles, tant de réduction de GES que de nombre de VE sur les routes. (Gagnon et Chouinard, 2020, 18 juin)

Une approche par chaîne de valeur intégrant toutes les filières permet de lier plusieurs stratégies. Elle permet aussi de mobiliser et de fédérer les porteurs de solutions locales, en les mettant en lien de manière synergique. En faisant collaborer l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur et les parties prenantes externes, cette approche semble appropriée pour l'atteinte des objectifs, tant d'électrification des transports que de développement d'une économie provinciale prospère, durable, verte et responsable (MDDELCC, 2015).

En ce sens, les résultats de l'analyse multicritère seront maintenant interprétés dans un scénario prospectif de chaîne de valeur circulaire québécoise complète de transports électrifiés, intégrant les trois filières. Pour ce faire, seules les solutions plus spécifiquement utiles au développement de cette chaîne sont retenues. Bien que s'inscrivant définitivement dans l'EC, certaines solutions sont déjà assez communément implantées au Québec, de sorte que leur application devrait naturellement s'étendre dans la chaîne de valeur à mesure qu'elle se développera. Ce sont donc les solutions porteuses de retombées potentielles importantes pour la chaîne et touchant des aspects relativement nouveaux ou peu développés qui seront retenues.

Alors, les solutions Écologie industrielle et Modèles d'affaires circulaires sont exclues sur la base des considérations selon lesquelles elles peuvent s'appliquer avantageusement partout pour bonifier les retombées positives. La solution Écoconception d'aménagement du territoire est aussi exclue, car elle est certainement un adjuvant positif, mais non fondamental dans les limites du champ de cet essai.

De plus, les véhicules, qu'ils soient électriques ou à combustion interne, sont des biens de consommation durables. De tels biens sont de façon générale entretenus et réparés au fil de leur usage et ce sont des activités normales généralement effectuées ponctuellement puisqu'elles sont nécessaires à l'utilisation du véhicule, qui s'étend sur plusieurs années. Il existe d'ailleurs tout un écosystème de services d'entretien et de réparation de véhicules, composé de concessionnaires et de garagistes. Ce réseau a déjà commencé à appliquer ces solutions aux VE, et il semble juste de croire que l'offre s'ajustera à la demande dans ce secteur puisque les activités sont similaires, bien que les éléments à réparer ou à entretenir vont varier. Cette solution – Entretien et réparation – déjà bien implantée et ayant fait ses preuves, sera donc exclue. Les IRVE sont aussi déjà entretenues et réparées au besoin par les opérateurs de réseaux et les bornes individuelles le

sont à la demande par les distributeurs et les manufacturiers, ou par les électriciens dont les services sont requis pour ces équipements. Ces solutions sont également exclues.

Il en sera de même pour les solutions de don et de revente qui, de la même manière, sont usitées pour les biens de consommation durables. Cette exclusion sera appliquée aux véhicules, aux batteries, ainsi qu'aux IRVE, pour les mêmes considérations.

Finalement, le recyclage des véhicules sera aussi exclu puisque bien qu'encore marginal à cause du faible nombre de VE en fin de vie (principalement à la suite d'accidents), ces derniers sont déjà traités efficacement par le réseau en place (S. Matte, communication téléphonique, 20 juillet 2020).

Les 20 solutions retenues, ainsi que les pointages obtenus, sont présentés au tableau 4.4, sur la page suivante. Rappelons qu'il s'agit des solutions les plus prometteuses en termes de retombées potentielles importantes du point de vue de la chaîne de valeur complète et concernant des aspects relativement nouveaux ou peu développés. Ces solutions ne sont donc pas déjà significativement implantées ni déjà éprouvées. Elles ne sont pas non plus seulement des modes de bonification. Elles sont donc considérées essentielles pour une chaîne de valeur circulaire québécoise de transports électrifiés.



**Tableau 4.4 Solutions et résultats, approche par chaîne de valeur intégrant les trois filières**

	Retombées potentielles							
	Maturité au Québec (x2)	Niveau Circularité	Freins-leviers	Économiques (x2)	Environnementales (x2)	Sociales	Total pondéré	Total pondéré excluant maturité au Québec
<b>Filière Batteries</b>								
Optimisation des opérations d'extraction des matières minérales	1	4	1	2	2	2	<b>17</b>	<b>15</b>
Optimisation des opérations de transformation des matières minérales	-1	4	-2	2	2	1	<b>9</b>	<b>11</b>
Écoconception	-1	4	-1	1	3	1	<b>10</b>	<b>12</b>
Location	-1	3	-1	2	2	2	<b>10</b>	<b>12</b>
Entretien et réparation	1	2	1	2	3	2	<b>17</b>	<b>15</b>
Reconditionnement des batteries pour stockage d'énergie	-1	2	2	2	3	3	<b>15</b>	<b>17</b>
Recyclage	1	1	1	2	3	1	<b>15</b>	<b>13</b>
<b>Filière VE</b>								
Écoconception de VE modulaires	-1	4	-1	2	3	3	<b>14</b>	<b>16</b>
Utilisation en partage ou comme service de VE modulaires écoconçus	-2	4	-1	2	3	3	<b>12</b>	<b>16</b>
Consommation et approvisionnement responsables	1	4	1	3	3	3	<b>22</b>	<b>20</b>
Optimisation des déplacements	1	4	1	2	3	2	<b>19</b>	<b>17</b>
Économie collaborative	2	3	1	2	3	3	<b>21</b>	<b>17</b>
Location court terme	3	3	2	3	2	2	<b>23</b>	<b>17</b>
Économie de fonctionnalité	1	2	-1	2	3	3	<b>16</b>	<b>14</b>
Reconditionnement – conversion	2	2	1	3	3	2	<b>21</b>	<b>17</b>
<b>Filière IRVE</b>								
Écoconception bornes	-2	4	2	3	2	2	<b>14</b>	<b>18</b>
Écoconception IRVE	-1	4	1	2	2	2	<b>13</b>	<b>15</b>
Économie collaborative	1	3	1	2	3	3	<b>19</b>	<b>17</b>
Économie de fonctionnalité	1	2	1	2	2	3	<b>16</b>	<b>14</b>
Recyclage	-2	1	2	3	3	2	<b>13</b>	<b>17</b>

Dans ce scénario, et selon les mêmes seuils que ceux établis pour l'analyse globale précédente, les solutions les plus en amont en ce qui a trait au niveau de circularité (niveau 4) sont parmi les moins matures au Québec. Sept de ces neuf solutions de niveau 4 se positionnent dans la première moitié (14 points et moins) lorsque les notes Total pondéré sont classées en ordre croissant. Ces solutions, pivot à la circularité d'un secteur, sont porteuses d'un potentiel synergique important, favorisant sans contredit l'efficacité d'une

chaîne de valeur. Seules deux solutions performant mieux et se situent dans le tiers supérieur, avec un pointage de 19 et plus. Elles sont présentées au tableau 4.5.

**Tableau 4.5 Solutions obtenant les meilleurs pointages, approche par chaîne de valeur intégrant les trois filières**

<b>Solution</b>	<b>Pointage</b>
Optimisation des déplacements (VE)	19
Consommation et approvisionnement responsables (VE)	22

Les considérations relatives à l'importance des comportements individuels pour permettre le déploiement de ces stratégies, énoncées dans la section 4.4 (voir p. 65) s'appliquent ici aussi.

Dans cette analyse d'approche par chaîne de valeur intégrant les trois filières (tableau 4.4), Consommation et approvisionnement responsables est la solution qui obtient le meilleur pointage, peu importe que le niveau de maturité au Québec soit pris en compte. Les autres qui performant le mieux sont relatives aux VE. Il s'agit de : Économie collaborative, Reconditionnement - conversion et Location court terme. Sans considérer le niveau de maturité au Québec, la solution Écoconception des bornes s'ajoute à cette liste.

Alors, les meilleures solutions qui ne sont pas tributaires des comportements des consommateurs, mais qui dépendent plutôt d'éléments techniques, sont en lien avec le reconditionnement ou l'écoconception.

Un calcul de la moyenne des totaux pondérés de chaque filière de la chaîne de valeur révèle que le maillon le plus faible est celui des batteries. Bien que les compagnies minières puissent certifier leurs activités (Williams, 2020, 3 janvier), une récente étude québécoise portant sur la filière des batteries (Propulsion Québec, 2019) révèle qu'il n'y a pas actuellement au Québec de production industrielle de minéraux dits de « grade batterie ». De plus, les experts en développement de technologies de batterie lithium-ion ne sont pas enclins à collaborer pour intégrer leurs efforts dans une filière provinciale. Finalement, le recyclage de ces batteries n'est pas non plus actuellement très développé. (Propulsion Québec, 2019) Malgré une rentabilité à court terme qui reste à améliorer (Manière, 2020, 17 mai), le potentiel et les opportunités sont bien identifiés (Propulsion Québec, 2019).

Au niveau de la filière des VE, les deux seules solutions qui n'existent pas actuellement au Québec sont celles relatives à un VE dont la conception en amont serait véritablement pensée en termes de durabilité et de circularité. Donc, un VE modulaire écoconçu, qui pourrait de plus être utilisé dans une économie collaborative ou de fonctionnalité. Cette conception et cette fabrication locale permettraient aussi des liens synergiques avec la filière batterie.

Les activités de Reconditionnement - conversion de véhicules vont bon train au Québec avec les projets auxquels collabore Ecotuned automobile. Ils sont notamment actuellement très actifs dans des projets de conversion de camionnettes *pick-up*, qui seront intégrées dans un système d'autopartage en Gaspésie. (Y. Hennekens, communication personnelle, 2 juillet 2020) En prolongeant la durée de vie des véhicules tout en ramenant presque à zéro leurs émissions de GES une fois la conversion effectuée, cela constitue une belle stratégie de transition d'ici à ce que le parc de véhicules légers se renouvelle avec des versions électriques. Il serait intéressant de voir si de tels reconditionnements pourraient être étendus aux automobiles.

En somme, outre les solutions concernant des VE modulaires écoconçus et l'utilisation en partage ou comme service de ces VE, toutes les solutions de la filière VE sont déjà implantées et il existe peu de freins autres que comportementaux à leur déploiement.

Quant à la filière des IRVE, malgré que les bornes et les infrastructures les accueillant ne soient pas elles-mêmes tellement porteuses de bénéfices environnementaux et économiques (voir la section 2.4 en p. 24), la simplicité de leur conception et de leur fabrication devrait justifier une attention particulière à minimiser leurs impacts. Les stratégies d'écoconception et de recyclage de ces équipements ne rencontrent que peu de freins et leur qualité de produits électriques et électroniques les apparente à d'autres types de chargeurs.

## 5. RECOMMANDATIONS

Comme le chapitre 3 en fait état, l'EC propose une multitude de stratégies qui permettent de réduire la consommation des ressources et de préserver les écosystèmes, éléments essentiels au maintien de la vie, sous toutes ses formes et à toutes les échelles terrestres. Appliquées à la question de l'électrification des transports, ces stratégies peuvent se déployer de plusieurs façons et leur combinaison, en synergie, permet de multiplier leurs bénéfices. Toutes les solutions identifiées et évaluées sont porteuses de retombées positives et sont, de fait, pertinentes.

Toutefois, la problématique du déploiement des transports électrifiés comporte un important aspect de transition, qui permettra de faire migrer les activités de déplacement de personnes, majoritairement assurées pour l'heure par des énergies fossiles, vers des alternatives utilisant plutôt une énergie électrique renouvelable et moins polluante. Il est donc nécessaire de trouver des voies d'applications pour les solutions d'EC les plus appropriées actuellement, tout comme d'identifier et de combler les aspects qui demanderont des efforts subséquents.

De plus, les notions d'EC et les stratégies qui lui sont associées commencent à se tailler une place dans le vocabulaire et les pratiques, notamment au niveau du gouvernement du Québec, qui en a inclus dès 2015 dans sa stratégie de développement durable (MDDELCC, 2015). Des consultations auprès des ministères et organismes gouvernementaux ainsi que d'acteurs ciblés ont aussi été amorcées à l'été 2020 en vue de l'inclusion de l'économie circulaire dans le renouvellement de la stratégie pour la période 2022-2027 (H. Gervais, communication personnelle, 30 juillet 2020).

Il importe donc actuellement de déterminer et de favoriser l'émergence des conditions gagnantes qui permettront de s'engager résolument et efficacement plus avant dans cette voie.

Les recommandations formulées dans ce chapitre prennent appui sur l'analyse multicritère, mais l'analyse par chaîne de valeur intégrant les trois filières sera aussi largement considérée. Les recommandations proposeront ainsi des actions qui devraient être, de façon générale, sélectionnées et ensuite organisées selon une démarche typique d'implantation de stratégies d'EC par filière. Une telle démarche n'est pas fixée dans des paramètres rigides et totalement définis, mais repose sur des principes généraux qui sont pertinents pour répondre aux objectifs poursuivis dans le cadre de cet essai. Les étapes typiques d'une telle démarche, sont les suivantes :

- « • Faire collaborer l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur et les acteurs externes
- Établir un portrait de situation (analyse de flux de matières, données sur les flux intrants/extrants)

- Déterminer le potentiel de circularité et les stratégies à mettre en œuvre
- Identifier les freins/leviers
- Évaluer les retombées potentielles
- Élaborer un plan d'action (engagement et vision commune)
- Faire des projets de démonstration
- Mettre en œuvre, suivre et contrôler (coordination) ». (adapté de : H. Gervais, module 2 du cours ENV827, octobre 2019)

L'autre prémisses sur laquelle s'appuient ces recommandations est qu'il est avantageux de tabler sur ce qui existe et dont les bénéfices ont été démontrés pour solidifier la base des actions et permettre le passage à un niveau supérieur de circularité. Bien que l'urgence d'agir soit généralement admise (Champagne, St-Arnaud et Daignault, 2020), une approche à petits pas n'est pas à négliger pour assurer un virage efficace et pérenne, en modifiant graduellement les comportements et les façons de faire. La capitalisation sur les solutions existantes est privilégiée dans le même but. Les solutions à portée de main rapportent potentiellement plus et plus rapidement que des concepts totalement nouveaux et inédits. Autrement dit, les recommandations visent à utiliser au mieux les acquis et à cueillir d'abord les fruits les plus mûrs, qui viendront ensuite appuyer la suite des choses. Certaines recommandations potentiellement très pertinentes devront ainsi être laissées de côté dans le cadre des limites de cet essai, mais les lecteurs intéressés pourront utiliser les informations recensées dans ce travail pour trouver les voies d'application de l'EC leur étant plus particulièrement utiles.

## **5.1 Recommandations à l'intention de l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur**

Puisque la première étape d'implantation demande une collaboration entre tous les acteurs de la chaîne et les acteurs externes, la première recommandation s'adresse à toutes les parties prenantes.

### **5.1.1 Adopter des pratiques de consommation et d'approvisionnement responsables**

L'approvisionnement et la consommation responsables sont une des meilleures façons de réduire les besoins en ressources. Cette stratégie peut être opérationnalisée grâce à diverses solutions qu'il est d'ores et déjà possible d'appliquer facilement. En premier lieu, puisque les transports individuels concernent tout le monde, une analyse et une évaluation des besoins réels peuvent être faites, individuellement ou à de plus grandes échelles, et les guides comme celui de la campagne Roulons électrique (Équiterre, 2019) peuvent être utilisés pour ce faire. En effet, à la lumière des analyses de cycle de vie des véhicules, les stratégies de mobilité écoresponsable pourraient inclure avantageusement des VHR et des VEE de capacité et d'autonomie diverses (Langlois, 2019, 6 septembre). De cette manière, il est possible d'éviter par exemple

l'achat d'un VE avec une batterie de grande autonomie si son utilisation réelle n'est que marginale. Les besoins ponctuels en ce sens trouvent une solution dans la location court terme. Ensuite, certaines utilisations d'un véhicule individuel peuvent être avantageusement remplacées par les transports actifs, les transports en commun ou les véhicules partagés, quand ils sont disponibles. Le covoiturage est une autre solution à considérer. Évidemment, il existe autant de scénarios et de contraintes que de personnes et de régions, mais une première étape visant à repenser les modes de consommation et d'approvisionnement est fondamentale et à la portée de tous. Chaque prise de conscience et chaque changement en découlant permettra d'asseoir les avancées subséquentes. Elle permettra aussi l'appui à des projets structurants, qui pourront se mettre en place dans les secteurs où des manques existent, notamment par rapport aux transports en commun dans certaines villes et régions. Un accueil enthousiaste et une adoption massive de telles solutions sont nécessaires pour en assurer la viabilité et le déploiement. Une prise de conscience individuelle préalable semble fondamentale et cette recommandation va en ce sens.

Les organisations privées et publiques devraient faire la même chose à leur échelle. Les programmes de financement à l'achat et à la location de bornes de recharge sont de belles portes d'entrée pour s'engager dans cette voie. De plus, les initiatives de partage de véhicules mises en place dans certaines municipalités ont démontré leur pertinence et le programme de partage de véhicules électriques municipaux SAUVér offre son appui en ce sens.

Quant aux divers paliers gouvernementaux, la concrétisation des ambitions en regard d'approvisionnements responsables pour les achats publics serait une bonne façon d'appuyer le déploiement de ces solutions porteuses, notamment en donnant l'exemple. Cela permettrait de plus de documenter les principales difficultés rencontrées et d'y trouver des solutions. L'ensemble des cas de figure (individuel, flottes de véhicules de fonction, transport en commun) doivent être considérés pour arriver à une combinaison de stratégies gagnantes. Les étapes de démarche d'implantation énoncées précédemment seront utiles à cette fin. Les structures gouvernementales sont composées d'entités multiples, dans tous les territoires, et tous ses membres doivent se déplacer. Il serait intéressant de voir comment des données peuvent être recueillies dans ces structures étendues et pérennes pour être ensuite analysées, dans l'objectif de couvrir l'ensemble du spectre des aspects à surmonter relativement à une mobilité électrique performante. Une base de données utile aux indicateurs de circularité proposés par l'Institut de la statistique du Québec pourrait en même temps être constituée.

## **5.2 Recommandations à l'intention des acteurs industriels et commerciaux de la chaîne de valeur**

Les acteurs industriels et commerciaux de la chaîne de valeur sont essentiels à la réalisation des objectifs liés aux actions d'électrification des transports. Les recommandations qui suivent leur sont plus spécifiquement adressées.

### **5.2.1 Assurer la pérennité de Propulsion Québec et renforcer son pouvoir de conseil**

Pour faciliter un déploiement écoresponsable de la chaîne de valeur, en même temps que des transports électrifiés, il apparaît important d'assurer une continuité, à la fois temporelle et en regard des actions des diverses parties prenantes. La question de l'électrification des transports figure à l'agenda gouvernemental depuis de nombreuses années et les recherches menées dans le cadre de cet essai ont permis de constater l'étendue de l'expertise québécoise en ce domaine. Toutefois, les objectifs ne sont pas encore atteints et les efforts pour y parvenir doivent s'intensifier. Les connaissances et les expériences de collaboration développées et partagées au sein de cette grappe industrielle, créée en 2017 dans le but d'accélérer le développement de cette filière et de l'ensemble du secteur (Propulsion Québec, 2019), constituent des éléments précieux dont la préservation et la diffusion doivent être assurées. La plateforme d'affaires collaborative du portail de Propulsion Québec est un bel exemple d'outil permettant aux entreprises du secteur de se mettre en lien pour conjuguer leurs efforts, notamment en donnant une vitrine aux opportunités d'affaires. Cette synergie d'actions permet d'en maximiser les impacts et l'efficience. De plus, les différents forums, chantiers et événements portés par l'organisation offrent à ses membres des occasions de rencontrer d'autres acteurs de la chaîne et de mieux comprendre la nature de leurs activités (S. Matte, communication personnelle, 20 juillet 2020). Cette connaissance commune permet de décroisonner la vision des acteurs et renforce ainsi l'ensemble de la chaîne de valeur. Pour illustrer la portée de ces mises en lien, le chapitre 3 a recensé plusieurs initiatives faisant appel à l'écoconception, bien qu'elles ne soient pas décrites comme telles. À la lumière du potentiel de ces solutions d'écoconception, notamment au niveau des retombées économiques et environnementales, un travail en synergie en lien avec cette stratégie de circularité est souhaitable. La structure de Propulsion Québec permettrait de coordonner de tels travaux, qui devront s'inscrire dans des termes plus longs que courts.

Pour assurer le développement du secteur, les écueils d'une vision à court terme doivent donc être évités et la mission de mobilisation et de concertation de Propulsion Québec la met en position d'assurer une part de la coordination des étapes d'implantation qui restent à accomplir. Pour bonifier l'essentielle collaboration entre ses membres et le gouvernement du Québec, il serait de plus souhaitable que ce groupe se voit conférer une forme de rôle de conseiller pour le Ministère du Conseil exécutif. Comme le rapporte l'IEA (2019a), le rôle des gouvernements est primordial. Pour qu'il puisse prendre les bonnes décisions, il semble tout à

propos de faire en sorte que les décideurs puissent prendre conseil auprès des parties prenantes qui devront rendre possibles et matérialiser les actions qui restent à faire.

### **5.2.2 Intégrer les plateformes de mobilité et de collaboration dans un guichet unique**

L'accessibilité à l'information et aux outils permettant l'adoption de nouveaux comportements est essentielle pour lever plusieurs des freins, notamment psychologiques, que le Baromètre de l'action climatique a mis en lumière (Champagne, St-Arnaud et Daignault, 2020). Le regroupement des outils numériques qui permettent de trouver des solutions aux besoins de transport et de recharge, à un seul endroit, est donc recommandé. Une organisation des transports où la mobilité est un service, dans un modèle MAAS, est une voie qu'il semble adéquat de privilégier. De plus, un tel portail permettrait que les meilleures pratiques soient diffusées et connues, facilitant de fait leur déploiement dans d'autres villes ou d'autres régions. À plus long terme, le développement des réseaux électriques intelligents (*smart grids*) et des villes intelligentes sera facilité par la centralisation et le partage des données relatives aux transports (SmartCitiesWorld news team, 2018, 3 septembre).

La collaboration nécessaire pour y arriver devra être soutenue par le gouvernement, qui doit accompagner les collectivités et soutenir l'innovation sociale dans une relation étroite avec les administrations municipales (Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement, 2020), parties prenantes principales identifiées pour l'électrification des transports (MDDEP, 2012). Un financement adéquat devra être prévu dans un plan d'action commun à cet égard, et une réglementation adaptée facilitera l'intégration des systèmes (IRENA, 2019). Les acteurs de l'économie collaborative et des transports en commun détiennent les compétences pour alimenter des actions efficaces dans cette voie. De façon corollaire, les zones peu ou mal desservies pourront être identifiées et les actions requises pourront être entreprises. Cela s'applique particulièrement aux transports en commun, dont la pertinence est reconnue depuis longtemps (Gouvernement du Québec, 2000) pour contribuer à la décarbonation des transports.

### **5.2.3 Considérer sérieusement les stratégies d'écoconception des batteries, des véhicules électriques, des bornes et des infrastructures de recharge**

La solution de VE modulaires écoconçus et celle dans laquelle ces VE sont utilisés dans une approche où la mobilité devient un service sont celles qui obtiennent des résultats parmi les meilleurs en termes de retombées potentielles dans l'analyse faite au chapitre 4.

Une flotte de VE écoconçus, modulaires et de divers formats, répondant adéquatement aux besoins (par secteur, distance, fréquence, nombre de passagers, etc.) représente un maillon important d'une chaîne de



valeur complète et circulaire, à laquelle tous les autres maillons sont liés. Bien qu'ambitieuse, cette idée présente de nombreux avantages dans cette perspective.

En effet, il existe au Québec de nombreux acquis qui contribuent à la pertinence de cette solution. Le savoir-faire détenu par les divers acteurs de l'écosystème en matière de développement et de fabrication de VE industriels ou commerciaux, destinés à un usage intensif, est considérable. Un véhicule visant une utilisation fonctionnelle requiert ces attributs. La durabilité et la réparabilité sont aussi facilitées par une conception utilitaire plutôt qu'esthétique, qui est généralement privilégiée dans les véhicules commerciaux (Gervais, 2017). Cette simplicité, combinée à la modularité des composantes (plusieurs sont identiques, peu importe la taille des véhicules) est un avantage important. De plus, comme le souligne Propulsion Québec dans ses communications (K. Villeneuve, communication personnelle, 14 mai 2020; Propulsion Québec, Houde, S. et Dunsky, P., 2020, 27 mai), les acteurs de l'écosystème font actuellement tous les types de VE, sauf des voitures individuelles. La qualité et l'ingéniosité des véhicules de conception et de fabrication québécoise sont reconnues partout dans le monde, notamment la vaste gamme de produits Bombardier, les autobus de la Compagnie Électrique Lion, les véhicules électriques fabriqués en aluminium de Kargo et les T-Rex de Campagna Motors, pour n'en nommer que quelques-uns. Ces organisations ont fait leurs preuves dans divers créneaux spécialisés et leurs savoir-faire sont complémentaires.

L'écoconception permet aussi d'adapter les produits à de nouveaux besoins, par exemple, des impératifs sanitaires à considérer pour les transports collectifs ou faisant appel à des véhicules utilisés en partage. Il semble en effet raisonnable de croire que les risques pandémiques deviendront des éléments dont la prise en compte sera incontournable dans le futur. Des VE conçus pour répondre adéquatement à ces nouvelles réalités trouveraient vraisemblablement un marché commercial important.

Par ailleurs, le climat ainsi que la diversité et l'étendue des territoires de la province offrent des opportunités uniques de tester et de démontrer les performances d'un produit dans presque toutes les conditions imaginables (Gravel, 2020, 14 juillet). En incluant l'écoconception des IRVE (appareils, emplacements et ratios), le système serait entièrement éprouvé.

Attendu les estimations de la demande mondiale à venir pour des systèmes de mobilité verts et performants, la combinaison de ces solutions permet le développement d'une offre hautement différenciée et présentant des avantages comparatifs avantageux, susceptible d'attirer de nombreux clients à l'exportation, internationale ou canadienne. De plus, il est aussi possible de labelliser ou d'établir un système de cote pour certifier la performance environnementale de tels véhicules. L'utilisation des sources d'énergie propres produites localement à toutes les étapes de fabrication est certainement un aspect sur lequel peu de territoires peuvent autant miser que le Québec.

De surcroît, une utilisation domestique répandue diminue les besoins d'importation de VE, améliorant de fait la balance, tant commerciale qu'en termes de ressources. D'ailleurs, la dépendance au pétrole compte pour presque la moitié du déficit commercial québécois du côté des importations (Paquin et Kirouac, 2014). Les taux d'émissions de GES sont aussi conséquemment diminués, au-delà de ceux associés aux véhicules.

Les formes de collaboration permettant la concrétisation d'un tel projet doivent bien sûr être évaluées plus en détail, mais l'existence de divers pôles d'excellence et grappes au Québec (métaux, véhicules électriques, technologies de l'information, technologies propres, services publics, etc.) regroupant tous les acteurs, allant de la recherche à la fabrication, la mise en marché et les opérations, sont d'importants leviers pour y parvenir. Des modèles d'innovation éprouvés, comme celui du Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale du Québec, pourraient être adaptés au secteur des VE pour faciliter cette collaboration (Mobilité électrique Canada, 2016).

La fenêtre d'opportunité pour réaliser un projet novateur de cette envergure est sans doute petite puisque les préoccupations liées au transport sont bien présentes partout, mais il semble que tous les ingrédients requis existent au Québec. D'ailleurs, Mobilité électrique Canada remet actuellement sur la table son travail de 2010 en ce sens puisque les conditions favorables identifiées à ce moment semblent être de nouveau présentes. La situation économique et politique exceptionnelle qui prévaut actuellement au Canada et partout sur la planète, et dans laquelle une relance verte est encore plus souhaitée, serait aussi plus encline à permettre l'émergence d'un secteur domestique de fabrication de VE. (D. Breton, communication personnelle, 21 juillet 2020) Ajouter à cela les enjeux pandémiques permet de croire que l'expertise locale en conception novatrice est susceptible d'être un avantage considérable sur lequel il serait opportun de tabler pour saisir les occasions qui se profilent à terme relativement court.

Parallèlement, des batteries écoconçues et fabriquées au Québec devront trouver un marché. La solution de VE produits localement serait la voie la plus courte et la plus circulaire, renforçant de ce fait la pertinence des deux solutions. Entre temps, réparer, réusiner et réemployer les batteries demeure pertinent. Il y a actuellement peu d'acteurs à ce niveau, mais c'est une stratégie intéressante pour en prolonger la durée de vie et diminuer les quantités de ressources nécessaires. Par ailleurs, la présence de nombreuses communautés isolées, souvent autochtones, milite en faveur du développement de systèmes de stockage d'énergie construits à partir de batteries de VE usagées et reconditionnées.

Quant aux IRVE, le partenariat privilégié entre AddÉnergie et Hydro-Québec pourrait facilement être bonifié d'exigences d'écoconception pour rapidement diminuer leurs impacts à long terme. La mise en place d'une REP serait aussi pertinente puisqu'elle est déjà applicable à d'autres types de chargeurs électriques et ces produits sont constitués de composantes similaires, peu importe leur taille ou les applications auxquelles

ils sont destinés (G. Lamarche, communication personnelle, 29 juin 2020). De plus, des réglementations de ce type peuvent encourager l'ensemble des fabricants à revoir leurs modèles de conception pour se conformer plus facilement aux exigences établies. En ce qui concerne la façon de répartir et de concevoir les points de ravitaillement, une évaluation judicieuse des besoins actuels et futurs permettrait de maximiser d'une part l'usage de matière en évitant les gaspillages et d'autre part de favoriser le déploiement des transports électrifiés en rendant les IRVE disponibles dans un ratio optimal.

En somme, ces solutions d'écoconception de batteries, de VE et d'IRVE permettent de combiner plusieurs des stratégies pertinentes à l'électrification des transports. En ajoutant un système permettant l'usage de la fonction sans devoir détenir le produit (économie de fonctionnalité ou de partage), toutes les stratégies identifiées sont mises à profit.

Entre temps, des innovations qu'on pourrait qualifier d'écoconception par ingénierie inverse, comme les systèmes de conversion d'Ecotuned automobile, mériteraient d'être envisagées pour d'autres types de véhicules. Tout en réduisant les GES liés à la combustion de carburant, à la mise à la ferraille et à la fabrication de nouveaux véhicules, cette technologie de reconditionnement pourrait avantageusement contribuer à réduire les besoins en ressources (Ecotuned automobile, 2020).

### **5.3 Recommandations à l'intention du gouvernement provincial et des administrations municipales**

Parties prenantes incontournables de l'électrification des transports, les divers paliers gouvernementaux du Québec ont un rôle prépondérant à jouer dans son déploiement (IEA, 2019). Les recommandations suivantes leur sont donc adressées.

#### **5.3.1 Soutenir l'innovation jusqu'à la commercialisation et protéger les champions**

Une des difficultés rencontrées par les entreprises qui mènent des projets de recherche et développement est que le financement leur étant accordé au départ se termine bien souvent avant que les produits ou services développés ne soient prêts à être mis en marché. Cette barrière à l'innovation mériterait d'être levée. (K. Villeneuve, communication personnelle, 14 mai 2020) La filière des batteries étant de loin le secteur requérant le plus d'innovation au vu de l'état actuel des connaissances ainsi que des expertises mondiales et provinciales, un soutien adéquat semble de toute première importance pour son développement. De plus, une réelle transparence et un système de traçabilité dans la chaîne d'approvisionnement en MCS sont des instruments essentiels pour contourner les effets rebonds potentiels liés au développement du marché des VE et de leurs batteries (IEA, 2019a). Cela demande incontestablement un soutien à toutes les étapes.

Le Fonds des générations pourrait être mis à contribution et des produits de financement mixtes incluant des obligations vertes pourraient aussi aider à mobiliser des capitaux institutionnels et bancaires, pour créer un effet de levier bénéficiant au secteur stratégique qu'est l'électrification des transports (Mayrand et al., 2020; Rioux, 2020, 12 mai).

Dans la foulée, des modalités de protection des champions nationaux et des sièges sociaux pourraient être intégrées dans les politiques industrielles et le Fonds pour la croissance des entreprises québécoises et la protection des sièges sociaux de 1 G\$ créé en 2019 (Investissement Québec, 2019, 21 mars) pourrait y contribuer. (Rioux, 2020, 12 mai) De cette manière, un accès privilégié aux marchés nationaux et internationaux permettrait à ces entreprises de tirer leur épingle du jeu et éviterait que les sommes investies, tout comme les expertises développées, ne quittent la province.

### **5.3.2 Appuyer davantage le ministère responsable des questions environnementales**

Quel que soit le nom qui lui ait été attribué, le ministère responsable des questions environnementales n'a jamais bénéficié d'un budget important relativement aux autres ministères (Caron, 2019; Simard et Rousseau, 2020, 10 juin). Sa mission de « protection de l'environnement et (de) conservation de la biodiversité au bénéfice des citoyens » (MELCC, 2020) est toutefois d'une pertinence qui s'accroît au fil du temps et de l'avancée des connaissances dans le domaine.

Il serait ainsi fondamental qu'il soit doté de moyens suffisants pour lui permettre de remplir cette mission sans devoir limiter ses actions de protection au profit de considérations budgétaires ou politiques. Pour être en mesure de répondre adéquatement aux besoins d'études, d'autorisations et de surveillance des nombreux projets qui demandent son intervention, son équipe et ses budgets doivent être renforcés. Les délais doivent être les plus courts possible et les exigences environnementales ne doivent en aucun cas être diminuées.

De la même manière, la coordination des actions et programmes relevant des divers organismes et ministères qui gravitent dans le secteur des transports électrifiés devrait lui incomber, dans une approche transversale. Considérant cette transversalité, le Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement recommandait fort à propos, en janvier 2020, la création d'un secrétariat à la lutte contre les changements climatiques pour appuyer l'actuel MELCC dans ses efforts de coordination interministérielle. Ce comité consultatif permanent devrait être composé de membres dont les critères de sélection seraient inscrits dans, par exemple, le projet de loi no 44. (Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement, 2020)

Parmi les projets d'intérêt pour la filière des transports électrifiés figure la planification de feuilles de route en économie circulaire à l'échelle des régions. Pour réaliser ce projet, comme pour tous les autres, des ressources compétentes sont nécessaires pour assurer une démarche qui n'aura pas à être tronquée faute de moyens, d'appuis ou d'expertise. La société d'État RECYC-QUÉBEC a inclus l'EC à sa mission et elle est bien positionnée pour coordonner de telles feuilles de route. L'allocation de ressources adéquates à la réalisation de ce projet permettrait le développement d'une expertise sur laquelle le MELCC pourra s'appuyer dans la réalisation de sa mission.

### **5.3.3 Intensifier la collaboration avec les municipalités et les régions, et à travers elles, avec les citoyens individuels et corporatifs**

Le transport est intrinsèquement lié au territoire. Les administrations municipales sont les structures de gouvernance les plus proches à la fois du territoire et des citoyens, qu'ils soient des individus, des groupes ou des entreprises. En renforçant la collaboration entre le gouvernement provincial et les administrations municipales, ainsi que la cohérence des actions, la décarbonation des transports sera facilitée. Pour illustrer la portée d'une telle collaboration, Ursula Eicker, titulaire de la Chaire d'excellence en recherche du Canada sur les communautés et les villes intelligentes, durables et résilientes de l'Université Concordia, affirme que le lien social est le levier le plus puissant pour transformer les collectivités (Boutros, 2019, 28 octobre).

### **5.3.4 Faire des municipalités des laboratoires d'économie circulaire, notamment appliquée aux transports électrifiés et à la mobilité**

À l'échelle des administrations municipales, les plans d'aménagement, les politiques de développement et industrielles ainsi que les investissements doivent être coordonnés pour rendre l'électrification des transports plus efficiente, sur l'ensemble du territoire. Un tel renforcement de collaboration pourrait notamment s'articuler autour des actions menées par la communauté des symbioses industrielles et les réseaux locaux de développement économique et communautaire. Les conseils régionaux de l'environnement, qui accompagnent au quotidien les personnes et les entreprises dans leurs activités, ont aussi très certainement un rôle important à jouer. Les retombées potentielles de l'EC s'étendent au-delà des transports et l'application de ses principes à diverses échelles territoriales ouvre la porte à des bénéfices étendus non négligeables pour les citoyens et les communautés qui les accueillent.

### **5.3.5 Utiliser en temps opportun les outils législatifs et réglementaires**

Certes difficile à faire et rarement accueilli avec enthousiasme, le décret de limites et d'obligations est parfois nécessaire pour atteindre les objectifs.

L'importance d'établir une date limite en regard de l'achat ou de l'utilisation de VCI demeure d'intérêt pour parvenir à l'atteinte des objectifs de décarbonation. Des villes comme Paris, Madrid, Mexico et Athènes ont établi à 2025 la date au-delà de laquelle les voitures au diesel ne pourront plus rouler dans leur centre-ville. La vente de voitures à essence et au diesel sera interdite en France et au Royaume-Uni en 2040 et le Danemark souhaite devenir neutre en énergie fossile en 2050. (Dupaul, 2019, 25 mars) Cette question devra faire l'objet de calculs exhaustifs considérant à la fois les coûts de santé, les coûts des aides gouvernementales à l'achat de bornes et de VE, ainsi que la balance commerciale. Les estimations des leaders en la matière soutiennent plus de bénéfices que de pertes (Dupaul, 2019, 25 mars) et leurs expériences pourront servir de guides.

Les mesures se basant sur les principes d'écofiscalité, d'écoconditionnalité et d'écoresponsabilité portent un potentiel intéressant pour favoriser le verdissement de l'économie. Bien qu'il reconnaisse depuis longtemps leur pertinence, le gouvernement québécois tarde à mettre en place les conditions requises pour les utiliser efficacement (Vérificateur Général du Québec, 2020, 10 juin). À titre d'exemple, rappelons le système de redevance-remise (bonus-malus) prévu dans le PACC 2013-2020 qui a été abandonné (MDDELCC, 2017). Des signaux clairs en ce sens doivent être donnés pour que l'ensemble de l'appareil étatique s'oriente dans cette direction et qu'enfin, les changements requis soient effectués (Vérificateur Général du Québec, 2020, 10 juin). Dans le même ordre d'idées, des solutions d'EC efficaces comme le recours à la location court terme de véhicules pourraient être appuyées par des obligations d'inclure une portion croissante de VE aux flottes de véhicules offerts en location. En modulant judicieusement les systèmes de redevances, de remises et de subventions, l'atteinte des objectifs ambitieux de réduction d'émissions de GES pourrait même se faire à coût nul (Équiterre, 2020, 29 mai).

D'ici là, des actions permettant un changement en douceur doivent être menées pour favoriser l'essor du réseau de transport électrifié. À ce niveau, le développement rapide et actif du réseau de recharge publique québécois a été, et continue d'être, une initiative qu'il convient de saluer. Ce réseau permet de soutenir l'avènement de la légitimation du VE comme véhicule principal en levant les craintes de manque d'autonomie qui poussent parfois les consommateurs à posséder aussi un VCI pour faire leurs déplacements de plus longue distance. Toutefois, sachant que la plupart des recharges de VE sont faites à domicile (AVÉQ, 2019, 27 juin), l'accès à la recharge pour les résidents de logements locatifs ou de condominiums doit être amélioré pour favoriser le déploiement des VE. Une étude portant sur le marché émergent et non mature des IRVE (Migette et al., 2019) rapporte que des villes comme Oslo, Amsterdam et Rotterdam ont mis en place des programmes d'installation de bornes publiques « à la demande » permettant à un utilisateur de VE de demander qu'une borne soit installée près de son domicile. En France, c'est une réglementation sur le « droit à la prise » qui assure l'accès pour les gens habitant dans des copropriétés. Pour les bornes « à la

demande », des processus de validation du caractère fondé de ces demandes sont évidemment faits, mais cette façon de gérer le réseau de recharge offre de nombreux avantages. Ce système permet d'abord d'identifier les endroits qui nécessitent plus de bornes et aux utilisateurs de disposer d'un point de recharge même s'ils ne sont pas propriétaires de leurs habitations. Il facilite aussi l'adoption des VE par les autres résidents du secteur. Ces bornes seront aussi vraisemblablement très utilisées puisqu'installées selon la demande réelle. De telles bornes peuvent être de type recharge lente (niveau 1, pour recharge nocturne) et installées sur les structures du réseau d'éclairage public. Ces bornes ne sont pas coûteuses à installer et à raccorder, et ne complexifient pas la gestion de la charge du réseau. À long terme, l'exploitation de telles infrastructures pourrait être rentable. Cela devrait favoriser l'essor de réseaux d'IRVE privés, qui pourront contribuer aussi à assurer le déploiement du réseau global et incidemment, des VE. (Migette et al., 2019)

À l'autre bout de la chaîne de valeur, un recyclage à haut rendement des batteries suppose qu'elles soient conçues en conséquence et qu'une norme en ce sens soit mise en place (United Nations Conference on Trade and Development, 2019).

Finalement, les recommandations en regard des communications visant à sensibiliser, à informer et à former sont légitimement légion en regard des questions environnementales. Elles sont pertinentes pour l'ensemble des parties prenantes, qui doivent tour à tour être émetteurs et récepteurs de ces communications, dans une relation synergique. Elles permettent de lever de nombreux freins qui constituent des enjeux importants, particulièrement la réticence au changement, souvent liée au manque de connaissances. Pour en améliorer la pertinence et l'efficacité, une partie de ces communications devraient cibler plus spécifiquement les enjeux propres aux transports individuels. Dans ce but, des obligations de calcul et de diffusion des impacts et des coûts environnementaux et économiques des moyens de transport devraient être mises en place par l'État. Ces obligations pourraient être matérialisées dans un système de labels ou d'étiquetage obligatoire. Des obligations de promotion de l'usage de mobilités actives, voire même vertes, comme il est proposé dans un projet de décret français (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2020) pourraient aussi être instaurées. Il est certes difficile de réglementer la publicité et les 30 ans qui ont été nécessaires pour réglementer le secteur du tabac peuvent en faire état, mais comme le dit le professeur de communication de l'Université du Québec à Montréal Bernard Motulski, « à partir du moment où c'est obligatoire, ça finit par être accepté » (Laurence, 2020, 13 juillet).

En somme, les exigences relatives aux transports et à leur électrification devront s'élever et des limites devront éventuellement être fixées pour que le déploiement du transport électrifié au Québec soit véritablement une stratégie écoresponsable. Comme en toute chose, une planification rigoureuse des étapes et des délais nécessaires doit impérativement être faite pour atteindre les objectifs le plus facilement et

efficacement possible. Les étapes typiques d'une démarche d'implantation sauront en cette matière aussi être appropriées et une vision à long terme sera utile pour y parvenir.



## CONCLUSION

Depuis la première décennie du millénaire, les richesses hydroélectriques du Québec ont été l'outil stratégique privilégié par l'État québécois pour développer une mobilité durable tout en développant une filière industrielle de VE permettant d'augmenter les volumes d'affaires avec les marchés extérieurs (Gouvernement du Québec, 2011). Dans la foulée, des objectifs ambitieux d'électrification des transports individuels ont mené à l'établissement d'une cible de 100 000 VE et VHR immatriculés dans la province au 31 décembre 2020 (MTQ, 2015). Cette cible n'est toutefois pas indéniablement en voie d'être atteinte. En effet, des enjeux touchant toutes les sphères de la société et dépassant le cadre des actions étatiques en matière d'électrification des transports ont émergé.

L'objectif général de cet essai visait à déterminer quelles seraient les meilleures approches d'économie circulaire pour un déploiement écoresponsable du transport électrifié des personnes au Québec. De nombreuses limites, notamment relatives à l'inexistence de documentation pour certains aspects étudiés, font en sorte que les résultats des analyses comportent une part importante d'appréciation qualitative et subjective. Toutefois, le soin apporté à la validation et à la confirmation des éléments considérés permet d'évaluer que dans le contexte, l'objectif de l'essai a été atteint.

Cela a été rendu possible grâce à la réalisation des quatre objectifs spécifiques établis à cette fin. Le sous-objectif de départ, soit faire le portrait de l'électrification des transports de personnes et analyser les enjeux (environnementaux, sociaux, technologiques, économiques, législatifs et réglementaires, politiques et de gouvernance) liés à son déploiement actuel et futur, a été réalisé aux chapitres 1 et 2. Cela a permis d'entrevoir une pléthore d'enjeux transversaux touchant l'ensemble des sphères de la vie et des affaires. Ces enjeux sont notamment liés aux stratégies adoptées par l'État et dépassent les éléments d'action privilégiés. En effet, malgré les avantages globaux indéniables qu'offrent les VE (CIRAIG, 2016), la durabilité de la mobilité ne dépend pas seulement de la migration d'un parc de VCI à un parc tirant son énergie de l'hydroélectricité. Le développement du parc de VE et d'une filière industrielle de VE performante ne se fait pas non plus sans heurts et les retombées de ces développements tardent à se matérialiser.

La documentation des bonnes pratiques, stratégies et solutions locales et nationales d'électrification des transports, complétée au besoin par des exemples d'ailleurs dans le monde, dans une perspective d'économie circulaire était le deuxième sous-objectif. Le troisième chapitre en illustre la réalisation. Il a permis la mise en lien des principes et des stratégies d'EC avec la problématique à l'étude ainsi que d'identifier et de documenter des voies de déploiement de transports électrifiés écoresponsables, spécifiques et adaptées au Québec.

Ensuite, évaluer, parmi les stratégies et les solutions de circularité documentées, quelles sont les meilleures approches d'électrification des transports comme moyen de mise en œuvre d'un développement durable était l'avant dernier objectif intermédiaire. Il a été atteint au chapitre 4, où une analyse multicritère des solutions les plus spécifiquement appropriées en regard de l'objectif général poursuivi a permis de démontrer que toutes celles ayant été retenues présentent un potentiel de retombées positives non négligeable. Les solutions évaluées permettent de plus de lier la question de l'électrification des transports de personnes et le développement d'une filière industrielle des VE, tout en contribuant à une diminution globale des besoins en ressources ainsi que des taux d'émissions de GES issues de sources diverses. Ces liens spécifiques facilitant le développement d'une chaîne de valeur complète et responsable d'électrification des transports ont été l'objet d'une attention particulière, dans une deuxième analyse ciblée.

Finalement, le dernier sous-objectif était de formuler des recommandations visant à favoriser un essor écoresponsable des transports électrifiés au Québec, en lien avec les enjeux les plus importants préalablement identifiés relativement au transport de personnes. Sa réalisation a mené à la formulation de recommandations qui devraient, de manière générale, être opérationnalisées dans une démarche typique d'implantation de stratégies d'EC pour une filière afin d'en assurer le succès. La première recommandation est adressée à l'ensemble des parties prenantes relativement à l'adoption de pratiques de consommation et d'approvisionnement responsables, premier vecteur de responsabilité. Les acteurs de la chaîne de valeur des transports électrifiés sont ensuite enjoins à conjuguer leurs efforts pour améliorer la synergie de leurs actions, ainsi qu'à considérer sérieusement les stratégies d'écoconception dans leurs champs d'activités. Le gouvernement provincial et les administrations municipales, parties prenantes essentielles, sont finalement invités à agir de manière à permettre à l'EC de favoriser le déploiement responsable de transports électrifiés répondant aux enjeux les plus probants sur lesquels il est impératif d'agir dès maintenant.

En conclusion, bien que cet essai se soit concentré sur le transport de personnes, les principes et les stratégies d'EC peuvent être appliqués au développement de solutions utiles aux autres types de transport, notamment de marchandises. Il serait intéressant d'effectuer un exercice similaire pour ce secteur et d'ensuite lier les diverses stratégies et solutions pour embrasser l'ensemble de la question des transports électrifiés dans une approche complète. Cela devient d'autant intéressant que les acteurs de la chaîne de valeur sont riches en expertises transférables. De plus, la possibilité de combiner les diverses solutions et stratégies de l'EC, de manière transversale et synergique, porte un potentiel plus que considérable de retombées positives. Même les effets rebonds possibles peuvent trouver des pistes de solution dans les principes de circularité. Il semble donc juste de croire que le développement durable mis en œuvre par l'EC puisse permettre une décroissance des ponctions en ressources et des émissions nocives, entre autres, tout en soutenant la croissance de bénéfices sociaux et environnementaux, dans une économie saine. En définitive, le mot économie – issu du

grec *oikosnomos*, où *oikos* signifie maison et *nomos*, loi ou gestion – pourrait reprendre son sens étymologique de « sage et légitime administration de la maison pour le bien commun de toute la grande famille » (Homs, 2013).

## RÉFÉRENCES

- Altran. (2014, 11 septembre). Altran presents "eMOC", the modular, smart car of the future. [Communiqué de presse]. Repéré à <https://www.webwire.com/ViewPressRel.asp?aId=190484>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (s. d.a). Capsules d'info. Repéré à <https://www.aveq.ca/info-geacuteneacutera.html>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (s. d.b). Guide d'utilisation des réseaux de bornes publiques au Québec et alentours. Repéré à <https://www.aveq.ca/reacuteseaux-de-bornes.html>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2014, 12 juillet). Des avancées sur le projet des batteries à base de nanofils. [Page Actualités]. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/des-avancees-sur-le-projet-des-batteries-a-base-de-nanofils>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2018). Lexique : termes en électromobilité. Repéré à <https://www.aveq.ca/lexique.html>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2018, 19 janvier). La voiture à l'hydrogène : un pas dans la mauvaise direction. [Communiqué de presse]. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/communique-de-presse-la-voiture-a-lhydrogene-un-pas-dans-la-mauvaise-direction-selon-laveq>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2018, 30 novembre). Votre LEAF comme alimentation d'appoint V2G... c'est pour bientôt! [Page Actualités]. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/category/v2g>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2019). Statistiques SAAQ-AVÉQ sur l'électromobilité au Québec en date du 30 septembre 2019. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-30-septembre-2019-infographie>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2019, 16 février). Traverser le Canada en VÉ grâce à Petro-Canada... pour bientôt! [Page Actualités]. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/traverser-le-canada-en-ve-grace-a-petro-canada-pour-bientot>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2019, 27 juin) Sondage auprès des membres de l'AVEQ. [Page Actualités]. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/sondage-2019-aupres-des-membres-de-laveq>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2020a, 7 février). Statistiques SAAQ-AVÉQ sur l'électromobilité au Québec en date du 31 décembre 2019. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-31-decembre-2019-infographie>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVÉQ). (2020b, 17 mai). Statistiques SAAQ-AVÉQ sur l'électromobilité au Québec en date du 31 mars 2020. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-31-mars-2020-infographie>

- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVEQ). (2020c). Support aux médias et journalistes : statistiques, nombre de voitures électriques au Québec (au 30 juin 2020). Repéré à <https://www.aveq.ca/meacutedias--stats.html>
- Association des Véhicules Électriques du Québec (AVEQ). (2020, mise à jour juillet). Garages indépendants spécialisés en voitures électriques : liste des établissements. Repéré à <https://www.aveq.ca/garages-indeacutependants.html>
- Association nationale pour le développement de la mobilité électrique (AVERE-France). (2018). Enquête IPSOS Avere-France/Mobivia : les Français motivés à passer au véhicule électrique s'ils sont bien informés et accompagnés. Repéré à [http://www.avery-france.org/Site/Article/?article\\_id=7408](http://www.avery-france.org/Site/Article/?article_id=7408)
- Automobile Propre. (2018, 31 juillet). La location de batteries pour les véhicules électriques. Repéré à <https://www.automobile-propre.com/dossiers/la-location-de-batteries-pour-les-vehicules-electriques/>
- Barlow, J. et Nadeau, J.-B. (2020, 4 mars). Voiture électrique : où en est-on? *L'Actualité*. Repéré à <https://lactualite.com/societe/voiture-electrique-ou-en-est-on/>
- Beaulieu, C. (autrice et idéatrice). (2016). *J'aime Hydro* (pièce de théâtre documentaire). Montréal, Québec : Porte Parole et Champ gauche. Repéré à <https://ici.tou.tv/j-aime-hydro-version-integrale>
- Blanchard, M. et Nadeau, C. (2007). *Cul de sac : L'impasse de la voiture en milieu urbain*. Montréal, Québec : Hélio trope
- Blockchain France. (2016). Qu'est-ce que la blockchain? Repéré à <https://blockchainfrance.net/decouvrir-la-blockchain/c-est-quoi-la-blockchain/>
- Bloomberg New Energy Finance. (2019, 3 décembre). Battery pack prices fall as market ramps up with market average at \$156/kWh in 2019. Repéré à <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/>
- Boucher, I. et Fontaine, N. (2011). *L'aménagement et l'écomobilité : guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. Repéré à <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1103943.pdf>
- Boutique EVduty. (2020). Innovation. Repéré à <https://evduty.elmec.ca/pages/innovations-dans-le-secteur-des-bornes-de-recharges-pour-voitures-electriques>
- Boutros, M. (2019, 28 octobre). La ville intelligente, levier d'une révolution sociale et écologique. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/societe/transports-urbanisme/565742/urbanisme-la-ville-intelligente-levier-d-une-revolution-sociale-et-ecologique>
- Brennan, R. (2020, 6 mars). Electric vehicles are changing the future of auto maintenance: Tires and glass emerge as dominant consumables of the EV era. *Tech Crunch*. Repéré à <https://techcrunch.com/2020/03/06/electric-vehicles-are-changing-the-future-of-auto-maintenance/>
- Breton, D. (2014, 14 octobre). Les distances moyennes de déplacement au Canada : étonnamment courtes! *Roulez électrique*. Repéré à <https://roulezelectrique.com/les-distances-moyennes-de-deplacement-au-canada-etonnamment-courtes/>

- Breton, D. (2019, 30 janvier). Étiez-vous au courant... que les batteries des véhicules électriques ont plusieurs vies? *Guide de l'auto*. Repéré à <https://www.guideautoweb.com/articles/49335/etiez-vous-au-courant-que-les-batteries-des-vehicules-electriques-ont-plusieurs-vies/>
- Broom, D. (2019). The dirty secret of electric vehicles. Repéré à <https://www.weforum.org/agenda/2019/03/the-dirty-secret-of-electric-vehicles/>
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (s. d.). Les travaux du BAPE dans le contexte de la COVID-19 : mandats en cours. Repéré à <https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/travaux-bape-contexte-covid-19/>
- Cabinet du ministre responsable de l'Administration gouvernementale et président du Conseil du trésor. (2020). Plan québécois des infrastructures 2020-2030 : des investissements records pour répondre aux préoccupations de la population. Repéré à <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/plan-quebecois-des-infrastructures-2020-2030-des-investissements-records-pour-repondre-aux-preoccupations-de-la-population-805430898.html>
- Caillou, A. (2018, 26 février). Le défi de l'intégration des bornes électriques. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/societe/521270/le-defi-de-l-integration-des-bornes-electriques>
- Cantin, A. (2019, 29 novembre). Les bornes de recharge rapide d'Hydro-Québec mal adaptées aux personnes à mobilité réduite. *TVA nouvelles*. Repéré à <https://www.tvanouvelles.ca/2019/11/29/les-bornes-de-recharge-rapide-dhydro-quebec-mal-adaptees-aux-personnes-a-mobilite-reduite>
- Cantin, A. (2020, 14 février). Hydro-Québec s'attaque à l'accessibilité des bornes de son Circuit électrique. *TVA Nouvelles*. Repéré à <https://www.tvanouvelles.ca/2020/02/14/hydro-quebec-sattaque-a-laccessibilite-des-bornes-de-son-circuit-electrique-1>
- Caron, H. (2019). *Succès et difficultés de la mise en œuvre des plans d'action de lutte contre les changements climatiques du gouvernement québécois 2006-2012 et 2013-2020* (Thèse de doctorat, Université de Laval, Québec, Québec). Repéré à <http://hdl.handle.net/20.500.11794/36236>
- Castonguay, A. (2016, 31 mai). Trouver de l'assurance a été un problème pour Communauto. *Portail assurance* Repéré à <https://portail-assurance.ca/article/trouver-de-lassurance-a-ete-un-probleme-pour-communauto/>.
- Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG). (2016). *Rapport technique : analyse du cycle de vie comparative des impacts environnementaux potentiels du véhicule électrique et du véhicule conventionnel dans un contexte d'utilisation québécois*. Repéré à <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/analyse-comparaison-vehicule-electrique-vehicule-conventionnel.pdf>
- Copticom. (2018, 17 avril). Communiqué – comité consultatif de la politique de mobilité durable : le Québec peut désormais aspirer à un véritable virage vers la mobilité durable. [Communiqué de presse]. Repéré à <http://copticom.ca/2018/04/17/communiqu%C3%A9-comit%C3%A9-consultatif-de-la-politique-de-mobilit%C3%A9-durable/>
- Champagne St-Arnaud, V. et Daignault, P. (2020). *Baromètre de l'action climatique 2019 : disposition des Québécois et des Québécoises face aux défis climatiques*. Repéré à [https://unpointcinq.ca/app/uploads/2020/01/BarometreUnPointCinq\\_FINAL.pdf](https://unpointcinq.ca/app/uploads/2020/01/BarometreUnPointCinq_FINAL.pdf)

- Charette, B. (2019). *Projet de loi no 44 Loi visant principalement la gouvernance efficace de la lutte contre les changements climatiques et à favoriser l'électrification*. Repéré à <http://www.assnat.qc.ca/fr/travaux-parlementaires/projets-loi/projet-loi-44-42-1.html>
- Cidetec. (2016, 26 janvier). A talk with Professor Stefano Passerini after the final Greenlion meeting and workshop. Repéré à <https://www.cidetec.es/en/news/energy-storage-7/a-talk-with-professor-stefano-passerini-kit-hiu-after-the-final-greenlion-meeting-and-workshop-2>
- CNET.com. (2015, 21 mars). Projet ARA : tout ce qu'il faut savoir sur le smartphone modulaire de Google. Repéré à <https://www.cnetfrance.fr/produits/projet-ara-tout-ce-qu-il-faut-savoir-sur-le-smartphone-modulaire-de-google-39815490.htm>
- Codère, J.F. (2020, 3 juin). Libre-échange et approvisionnement local : un subtil jeu d'équilibriste. *La Presse*. Repéré à [https://plus.lapresse.ca/screens/e3afbd41-a048-4f43-9d2c-100c09a2b648\\_\\_7C\\_\\_0.html?utm\\_medium=Gmail&utm\\_campaign=internal%2Bshare&utm\\_content=screen](https://plus.lapresse.ca/screens/e3afbd41-a048-4f43-9d2c-100c09a2b648__7C__0.html?utm_medium=Gmail&utm_campaign=internal%2Bshare&utm_content=screen)
- Colthorpe, A. (2018, 6 décembre). Undeniable success: South Australia's 129MWh Tesla battery. *Energy Storage news*. Repéré à <https://www.energy-storage.news/news/undeniable-success-south-australias-129mwh-tesla-battery>
- Comité-conseil sur les changements climatiques. (2018, 16 mars). *Le Bilan mi-parcours du Plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020 : recommandations à l'attention de Madame Isabelle Melançon, Ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/bilan/recommandations-comite-conseil.pdf>
- Commission européenne. (2019). Batteries. Repéré à [https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/energy-storage/batteries\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/energy-storage/batteries_en)
- Commission des affaires européennes. (2013). Rapport d'information déposé par la Commission des affaires européennes sur la proposition de directive du Parlement européen et du Conseil sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants de substitution. Repéré à <http://www.assemblee-nationale.fr/14/europe/rap-info/i1126.asp>
- Conseil de gestion du Fonds vert (CGFV). (2018). *Avis du conseil de gestion du fonds vert portant sur le bilan mi-parcours du plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/cgfv/documents/Avis-CGFV.pdf>
- Conseil du patronat du Québec (CPQ), Conseil Patronal de l'Environnement du Québec (CPEQ), Groupe de recherche en Gestion et mondialisation de la technologie de Polytechnique Montréal (Groupe GMT) et Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (Institut EDDEC). (2018). *Économie circulaire au Québec : opportunités et impacts économiques*. Repéré à <https://www.quebeccirculaire.org/data/sources/users/11/economie-circulaire-au-quebec.pdf>
- Deboyser, B. (2018, 19 septembre). Trop peu de bornes de charge? Un mythe! *Automobile propre*. Repéré à <https://www.automobile-propre.com/trop-peu-de-bornes-de-charge-un-mythe/>

- Décarie, J.-P. (2020, 18 juin). Guy LeBlanc : la filière des batteries électriques pour alimenter la reprise. *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/affaires/economie/2020-06-18/guy-leblanc-la-filiere-des-batteries-electriques-pour-alimenter-la-reprise>
- Deign, J. (2019, 14 octobre). 10 countries moving toward a green hydrogen economy. *Greentech Media*. Repéré à <https://www.greentechmedia.com/articles/read/10-countries-moving-towards-a-green-hydrogen-economy#gs.az2369>
- Desgagné-Wells, A. (2020). *La lutte contre les changements climatiques par l'intégration de principes de l'économie circulaire dans le secteur des transports au Québec* (Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec). Repéré à [https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/11398/Desgagne\\_Wells\\_Anne\\_MEnv\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/11398/Desgagne_Wells_Anne_MEnv_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Desjardins, F. (2018, 11 décembre). Environ 380 000 véhicules électriques de plus d'ici 2027?. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/economie/543331/combien-de-voitures-electriques-s-ajouteront-sur-les-routes-du-quebec>
- Desjardins, F. (2020, 17 janvier). Les ventes de voitures électriques en forte croissance au Québec. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/economie/571026/les-ventes-de-voitures-electriques-en-forte-croissance-au-quebec>
- Desjardins, F. (2020, 24 janvier). L'offre de véhicules électriques est insuffisante, selon Hydro-Québec. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/economie/571496/vehicules-electriques-l-offre-est-insuffisante-dit-hydro-quebec>
- Desrosiers, E. (2019, 1 juin). La révolution de la voiture électrique en Norvège. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/societe/environnement/555774/la-revolution-de-la-voiture-electrique>
- Desrosiers, R. (2016, 31 octobre). Projet ELSA : une deuxième vie pour les batteries des voitures électriques. *Automobile propre*. Repéré à <https://www.automobile-propre.com/projet-elsa-deuxieme-vie-batteries-voitures-electriques/>
- Downs, A. (1957). *An economic theory of democracy* (éd. reprint 1985). Boston, MA : Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Ducas, I. (2018, 7 octobre). Voitures électriques : des bornes de recharge municipales interdites aux employés. *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/201810/06/01-5199344-voitures-electriques-des-bornes-de-recharge-municipales-interdites-aux-employes.php>
- Dupaul, R. (2019, 25 mars). La fin du moteur à essence coûtera cher à l'État. *La Presse*. Repéré à [http://mi.lapresse.ca/screens/c94565e1-2da2-497d-a99b-f69d4b3cf88a\\_\\_7C\\_\\_0.html](http://mi.lapresse.ca/screens/c94565e1-2da2-497d-a99b-f69d4b3cf88a__7C__0.html)
- Durand, A., Lavigne-Lefebvre, N., Rougès, J.-F., Carrier, M., Gagné, C., Mercier, J. et Montreuil, B. (2014). *L'électrification des transports : une perspective québécoise* (Rapport du groupe de travail. Université Laval, Institut Technologies de l'information et Sociétés). Repéré à <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1223474.pdf>



- Dussault, V. (2013). *Réflexion critique sur le plan d'action 2011 – 2020 sur les véhicules électriques du gouvernement du Québec : enjeux et efforts pour un changement de comportement* (Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec). Repéré à [https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7182/cufe\\_Dussault\\_Virginie\\_essai360.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7182/cufe_Dussault_Virginie_essai360.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- The Economist. (2017, 7 septembre). An infrastructure for charging electric vehicles takes shape. Repéré à <https://www.economist.com/business/2017/09/07/an-infrastructure-for-charging-electric-vehicles-takes-shape>
- The Economist. (2017, 28 octobre). It is now practical to refuel electric vehicles through thin air. Repéré à <https://www.economist.com/science-and-technology/2017/10/28/it-is-now-practical-to-refuel-electric-vehicles-through-thin-air?zid=291&ah=906e69ad01d2ee51960100b7fa502595>
- Ecotuned automobile. (2020). Repéré à <http://ecotuned.com/accueil/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2012). *Vers une économie circulaire : arguments économiques en faveur d'une transition accélérée* (Note de synthèse, volume 1). Repéré à [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF\\_CE\\_Report\\_AW\\_French\\_summary-2.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_CE_Report_AW_French_summary-2.pdf)
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Vers une économie circulaire : opportunité pour le secteur des biens de consommation courante* (Note de synthèse, volume 2). Repéré à [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Vers\\_ecocirculaireV2\\_SyntheseFR.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Vers_ecocirculaireV2_SyntheseFR.pdf)
- Équiterre. (2019). *Choisir un véhicule électrique rechargeable qui répond à vos besoins : édition 2020*. Repéré à <https://www.roulonselectrique.ca/documents/2/Brochure-Electro-FR-low.pdf>
- Équiterre. (2020, 28 mai). L'électrification des transports: une voie essentielle pour une reconstruction verte et résiliente. [Page Actualité]. Repéré à <https://www.equiterre.org/actualite/lelectrification-des-transports-une-voie-essentielle-pour-une-reconstruction-verte-et-resiliente>
- Équiterre. (2020, 29 mai). Comment la pandémie affecte(ra) la mobilité : des craintes, des enjeux... et des solutions! [Page Actualité]. Repéré à <https://www.equiterre.org/actualite/comment-la-pandemie-affectera-la-mobilite-des-craintes-des-enjeux-et-des-solutions>
- EstriePlus.com. (2020, 21 juillet). Une start-up sherbrookoise veut améliorer les batteries au lithium-ion. *EstriePlus.com, le journal internet*. Repéré à [http://www.estriepius.com/contenu-catalogue\\_solutions\\_batteries\\_lithium\\_subvention-1555-48383.html?mc\\_cid=615bf3bd9c&mc\\_eid=c78b9dc0fd](http://www.estriepius.com/contenu-catalogue_solutions_batteries_lithium_subvention-1555-48383.html?mc_cid=615bf3bd9c&mc_eid=c78b9dc0fd)
- European Network of Ecodesign Centres et Pôle éco-conception. (2014). Définition de l'éco-conception. Repéré à <https://www.eco-conception.fr/static/definition-de-leco-conception.html>
- Faltum, J. (2019, 2 octobre). Share Now: Daimler meets BMW. [Billet de blogue]. Repéré à <https://blog.car2go.com/2019/10/02/share-now-daimler-meets-bmw/>

- Fillion, G. (animateur). (2020, 8 janvier). De la mine à la voiture électrique. [Entrevue]. *RDI économie*. Montréal, Québec : Société Radio-Canada. [Émission de télévision]. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/tele/rdi-economie/site/segments/reportage/150188/rdi-economie-entrevue-avec-ugo-lapointe-mines?fbclid=IwAR0doHTcgCTziv0CVwwS0dl9E8wKza834H66fxljCnq-UKrKc33TaP0mwq0>
- Fonds Écoleader. (2020). Contactez votre agent. Repéré à <https://www.fondsecoleader.ca/contactez-votre-agent/>
- Gagnon, K. et Chouinard, T. (2020, 18 juin). Le plan vert de Legault rate sa cible. *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/actualites/environnement/2020-06-18/le-plan-vert-de-legault-rate-sa-cible>
- Gaïa presse. (2019, 17 juin). Plan d'électrification et de changements climatiques : Benoit Charette forme cinq groupes de travail. Repéré à <https://www.gaiapresse.ca/2019/06/plan-delectrification-et-des-changements-climatiques-benoit-charette-forme-cinq-groupes-de-travail/>
- Gariépy, S., Groleau, M., Mayrand, K., Perron, S., Poyau, I., Savard, C. et Thorpe, C. (2020, 29 janvier). Étalement urbain : reprenons le contrôle. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/opinion/idees/571741/etalement-urbain-reprenons-le-controle>
- Geldron, A. (2014). *Économie circulaire : notions*. Repéré à <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fichetechnique-economie-circulaire-oct-2014.pdf>
- Gervais, H. (2016). *Métaux et économie circulaire au Québec : synthèse des stratégies de circularité pour le cuivre, le fer et le lithium*. (Rapport de l'étape 2). Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/publications/mines/metaux-economie-circulaire-quebec.pdf>
- Gervais, H. (2017). *Métaux et économie circulaire au Québec : analyse des freins et leviers liés aux stratégies de circularité pour le cuivre, le fer et le lithium*. (Rapport de l'étape 3.1). Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/publications/mines/freins-leviers-eddc.pdf>
- Gouvernement du Québec. (s. d.). *Norme VZE, Québec prend les devants*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/vze/feuillelet-vze-reglement.pdf>
- Gouvernement du Québec. (1995). *Plan d'action québécois de mise en œuvre de la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques*. Québec, Québec : Bibliothèque nationale du Québec.
- Gouvernement du Québec. (2000). *Plan d'action québécois 2000-2002 sur les changements climatiques*. Québec : Gouvernement du Québec. Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/publications/climatiques/climat.pdf>
- Gouvernement du Québec. (2011). *Québec roule à la puissance verte! Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques*. Repéré à <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1076012.pdf>
- Gouvernement du Québec. (2013). *Priorité emploi - Investir dans l'électrification c'est investir dans le Québec : Stratégie d'électrification des transports*. Repéré à <http://www.mrif.gouv.qc.ca/PDF/actualites/strategie-electrification.pdf>
- Gouvernement du Québec. (2016). *Politique énergétique 2030 : l'énergie des québécois, source de croissance*. Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2016/04/Politique-energetique-2030.pdf>

- Gouvernement du Québec. (2020). *Budget 2020-2021 : plan budgétaire*. Repéré à [http://www.budget.finances.gouv.qc.ca/budget/2020-2021/fr/documents/PlanBudgetaire\\_2021.pdf#page=35](http://www.budget.finances.gouv.qc.ca/budget/2020-2021/fr/documents/PlanBudgetaire_2021.pdf#page=35)
- Gravel, A.-M. (2020, 14 juillet). Saguenay accueillera les premiers autobus urbains zéro émission. *Le Quotidien*. Repéré à [https://www.lequotidien.com/actualites/saguenay-accueillera-les-premiers-autobus-urbains-zero-emission-15be1b3f60be5d30f7b2cdbe79b14fba?mc\\_cid=d5dbae0efb&mc\\_eid=c78b9dc0fd](https://www.lequotidien.com/actualites/saguenay-accueillera-les-premiers-autobus-urbains-zero-emission-15be1b3f60be5d30f7b2cdbe79b14fba?mc_cid=d5dbae0efb&mc_eid=c78b9dc0fd)
- Groupe de travail sur l'économie collaborative et Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. (2018). *Moderniser et renforcer les politiques publiques et réussir face aux transformations associées à l'économie collaborative*. Repéré à [https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents\\_soutien/entrepreneuriat/economie\\_collaborative/rapport\\_gtec.pdf](https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents_soutien/entrepreneuriat/economie_collaborative/rapport_gtec.pdf)
- Groupe PSA, Communauto et MacKinnon Bennett & Compagnie inc. (2016, 28 septembre). *Le Groupe PSA et MKB investissent dans Communauto, un des leaders de l'autopartage en Amérique du Nord*. [Communiqué de presse]. Repéré à <http://www.communauto.com/mobilityday/lib/docs/communauto-psa-mkb-presse-fr.pdf>
- Groupe Renault. (s. d.). *Recyclage des batteries de voitures électriques*. [Vidéo]. Repéré à <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/recyclage-des-batteries-de-voitures-electriques-renault-video>
- Homs, C. (2013). *Sur l'invention grecque du mot « économie » chez Xénophon : critique d'une supercherie étymologique moderne*. Repéré à [http://data.over-blog-kiwi.com/1/48/88/48/20160910/ob\\_37f4e9\\_sur-l-invention-grecque-du-mot-econom.pdf](http://data.over-blog-kiwi.com/1/48/88/48/20160910/ob_37f4e9_sur-l-invention-grecque-du-mot-econom.pdf)
- Hydro-Québec. (s. d.). Une découverte récente : les batteries photochargeables. Repéré à <https://www.hydroquebec.com/ce-electrification-transports-stockage-energie/axes-de-recherche.html>
- Hydro-Québec. (2015). *Bornes de recharge pour véhicules électriques : guide technique d'installation* (2<sup>e</sup> édition). Repéré à <https://www.hydroquebec.com/data/cmeq/pdf/guide-technique.pdf>
- Hydro-Québec. (2015, 8 juin). Essais du premier prototype de stockage d'énergie de grande capacité. [Communiqué de presse]. Repéré à <http://nouvelles.hydroquebec.com/fr/communiqués-de-presse/799/essais-du-premier-prototype-de-stockage-denergie-de-grande-capacite/>
- Hydro-Québec. (2018). *Établissement d'un service public de recharge rapide pour véhicules électriques*. Repéré à [http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/473/DocPrj/R-4060-2018-B-0004-Demande-Piece-2018\\_08\\_16.pdf](http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/473/DocPrj/R-4060-2018-B-0004-Demande-Piece-2018_08_16.pdf)
- Hydro-Québec. (2020, 15 mai). Des lacunes importantes sur les perspectives d'électrification du Québec. [Communiqué de presse]. Repéré à <http://nouvelles.hydroquebec.com/fr/communiqués-de-presse/1613/des-lacunes-importantes-sur-les-perspectives-delectrification-du-quebec/?fromSearch=1>
- Institut de la statistique du Québec. (2020). *Cadre conceptuel et indicateurs pour la mesure de l'économie verte* (Rapport remis au comité directeur de la mesure de l'économie verte). Repéré à <https://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/cadre-indicateurs-economie-verte.pdf>

- Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (Institut EDDEC). (s. d.). Laboratoire d'économie collaborative et de fonctionnalité. Repéré à <http://instituteddec.org/themes/laboratoire-deconomie-collaborative-et-de-fonctionnalite-01/#1480360759754-89e96b51-7d8a>
- Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (Institut EDDEC). (2018). L'économie circulaire. Repéré à [https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/default\\_images/schema-economie-circulaire-mars2020.png](https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/default_images/schema-economie-circulaire-mars2020.png)
- Institut du véhicule innovant. (s. d.). Déploiement d'une infrastructure de recharge et aide technique. Repéré à <https://www.ivisolutions.ca/realisation/deploiement-dune-infrastructure-de-recharge-et-aide-technique/>
- Institut Montaigne. (2016). *Économie circulaire, réconcilier croissance et environnement*. Repéré à <http://www.institutmontaigne.org/ressources/pdfs/publications/rapport-economie-circulaire.pdf>
- International Energy Agency (IEA). (2017). *Global EV Outlook, 2017: Two million and counting*. Repéré à <https://webstore.iea.org/download/direct/291?fileName=GlobalEVOutlook2017.pdf>
- International Energy Agency (IEA). (2019a). *Global EV Outlook 2019: Scaling-up the transition to electric mobility*. Repéré à [https://webstore.iea.org/download/direct/2807?fileName=Global\\_EV\\_Outlook\\_2019.pdf](https://webstore.iea.org/download/direct/2807?fileName=Global_EV_Outlook_2019.pdf)
- International Energy Agency (IEA). (2019b). *Hybrid and electric vehicles: the electric drive hauls* (Rapport annuel du Technology Collaboration Programme on Hybrid and Electric Vehicles). Repéré à [http://www.ieahev.org/assets/1/7/Report2019\\_WEB\\_New\\_\(8\).pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/Report2019_WEB_New_(8).pdf)
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2019). *Innovation outlook: Smart charging for electric vehicles*. Repéré à [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA\\_Innovation\\_Outlook\\_EV\\_smart\\_charging\\_2019.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Innovation_Outlook_EV_smart_charging_2019.pdf)
- Investissement Québec. (2019, 21 mars). Faits saillants du budget provincial 2019-2020. [Section nouvelles]. Repéré à <https://www.investquebec.com/quebec/fr/salle-de-presse/nouvelle/Faits-saillants-du-budget-provincial-2019-2020.html>
- Investissement Québec. (2020, 3 février). Nouveau mandat et nouvelle image de marque pour Investissement Québec. [Communiqué de presse]. Repéré à <https://www.investquebec.com/quebec/fr/salle-de-presse/communiques/Nouveau-mandat-et-nouvelle-image-de-marque-pour-Investissement-Quebec.html>
- Jiao, N. (s. d.). Second-life electric vehicle batteries 2020-2030: Key players, value opportunities, business models and market forecast. Repéré à <https://www.idtechex.com/en/research-report/second-life-electric-vehicle-batteries-2020-2030/681>
- Journet, P. (2019, 5 novembre). Plus puissant, mais plus vert? *La Presse*. Repéré à [http://plus.lapresse.ca/screens/a884c628-f9b6-4ad0-96f1-3b8b6ee2e4ec\\_\\_7C\\_\\_0.html?utm\\_medium=Gmail&utm\\_campaign=Internal%2BShare&utm\\_content=Screen](http://plus.lapresse.ca/screens/a884c628-f9b6-4ad0-96f1-3b8b6ee2e4ec__7C__0.html?utm_medium=Gmail&utm_campaign=Internal%2BShare&utm_content=Screen)

- Kok, L., Worpel, G. et Ten Wolde, A. (2013). *Unleashing the Power of the Circular Economy* (Rapport par IMSA Amsterdam pour Circle Economy). Repéré à [https://www.viawater.nl/files/unleashing\\_the\\_power\\_of\\_the\\_circular\\_economy-circle\\_economy.pdf](https://www.viawater.nl/files/unleashing_the_power_of_the_circular_economy-circle_economy.pdf)
- Labrosse-Lapensée, K. (2017). *Le plan d'action en électrification des transports 2015-2020 : une stratégie cohérente pour le Québec à l'horizon 2030?* (Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec). Repéré à [https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/10660/Labrosse\\_Lapensee\\_Karine\\_MEnv\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/10660/Labrosse_Lapensee_Karine_MEnv_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lamontagne, Y. (2019, 22 octobre). Frustrantes, les bornes de recharge rapide? *Radio-Canada-Info*. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1350967/electrique-bornes-recharge-rapide-automobile>
- Langlois, P. (2019, 6 septembre). Électrifier intelligemment les transports pour minimiser l'impact sur l'environnement. [Billet de blogue]. *Roulez électrique*. Repéré à <https://roulezelectrique.com/electrifier-intelligemment-les-transport-pour-minimiser-limpact-sur-lenvironnement/>
- Lapointe, U. (2020, 17 février). Le Québec doit éviter l'erreur minérale. *Le Devoir*. Repéré à [https://www.ledevoir.com/opinion/idees/573096/transition-energetique-le-quebec-doit-eviter-l-erreur-minerale?fbclid=IwAR0toE3FtGsrDYXSaiwt-cV2MehWf22k4S4bAkTgDr6lpJ1jrzcA8y\\_Tp0k](https://www.ledevoir.com/opinion/idees/573096/transition-energetique-le-quebec-doit-eviter-l-erreur-minerale?fbclid=IwAR0toE3FtGsrDYXSaiwt-cV2MehWf22k4S4bAkTgDr6lpJ1jrzcA8y_Tp0k)
- Larochelle, S. (2020, 3 juin). Alain Desrochers : le professeur qui réinvente les transports de demain. *La Presse*. Repéré à [http://mi.lapresse.ca/screens/32885735-8623-4b55-8e3a-1f7055e1e582\\_\\_7C\\_\\_0.html](http://mi.lapresse.ca/screens/32885735-8623-4b55-8e3a-1f7055e1e582__7C__0.html)
- Laurence, J.-C. (2020, 13 juillet). « Achetez une voiture... mais ne l'utilisez pas trop! » *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/actualites/environnement/2020-07-13/achetez-une-voiture-mais-ne-l-utilisez-pas-trop.php>
- Laviolette, J. (2018, 20 juin). Opinion : congestion routière 25 millions de sièges vides à combler. *La Presse*. Repéré à [https://plus.lapresse.ca/screens/137061c1-190c-4359-aa1a-d77f13d8918d\\_\\_7C\\_\\_0.html](https://plus.lapresse.ca/screens/137061c1-190c-4359-aa1a-d77f13d8918d__7C__0.html)
- Laviolette, J., Morency, C. et Waygood, E. O. D. (2020). Persistance de l'automobilité? Analyse en trois perspectives. *Flux 2020*, 1-2(119-120), 142-172.
- Leblanc, J. et Maisonneuve, V. (2018, 23 mars). La Vérif : est-ce facile d'avoir une auto électrique si on vit en condo? *Ici Radio-Canada*. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1091192/verif-auto-electrique-condo-copropriete-recharge-borne-reglementation-vehicule-quebec-politique-climat-ges>
- Lefrançois, E. (2019, 16 décembre). Technologie et motorisation : la vision de l'avenir de Toyota. *La Presse*. Repéré à [http://mi.lapresse.ca/screens/ec266fe4-099e-436f-9047-740dcbd1b012\\_\\_7C\\_\\_0.html](http://mi.lapresse.ca/screens/ec266fe4-099e-436f-9047-740dcbd1b012__7C__0.html)
- Legros, R. et Spreutels, L. (2016) Les stratégies de circularité des ressources : le recyclage, le compostage et la valorisation énergétique. Dans S. Sauvé, D. Normandin. et M. McDonald (dir.), *L'économie circulaire : une transition incontournable* (p. 52-57). Repéré à <https://books.openedition.org/pum/4165>
- Lévesque, R. (1986). Attendez que je me rappelle. Montréal, Québec : Éditions Québec/Amérique

*Loi visant l'augmentation du nombre de véhicules automobiles zéro émission au Québec afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants, A-33.02.*

*Loi sur les transports, RLRQ, c. T-12.*

Lord, O. (2020, 30 mars). *Electric Vehicle Charging Infrastructure for Cities*. [Webinaire]. Repéré à <https://vimeo.com/418105294/ef6d42e9df>

Maniere, A. (2019, 2 novembre). Achat d'une voiture électrique d'occasion : gare aux mauvaises surprises. *Clubic*. Repéré à [www.clubic.com/transport-electrique/article-874882-1-sr-achat-voiture-electrique-occasion-gare-mauvaises-surprises.html](http://www.clubic.com/transport-electrique/article-874882-1-sr-achat-voiture-electrique-occasion-gare-mauvaises-surprises.html)

Maniere, A. (2020, 8 mars). Voiture électrique : quelle est la durée de vie des batteries? *Clubic*. Repéré à <https://www.clubic.com/transport-electrique/article-886273-1-sr-voiture-electrique-quelle-duree-vie-batteries.html>

Maniere, A. (2020, 17 mai). Recyclage ou réutilisation : quelle "seconde vie" pour les batteries de voitures électriques? *Clubic*. Repéré à <https://www.clubic.com/transport-electrique/article-892870-1-sr-recyclage-reutilisation-quelle-seconde-vie-batteries-voitures-electriques.html>

MarketsandMarkets. (2019). *Electric Vehicle Market (Rapport AT 4907)*. Repéré à <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/electric-vehicle-market-209371461.html>

Martinez, E. (2020, 23 juillet). Rive-Sud : fumée toxique dégagée par l'incendie de batteries au lithium. *Le journal de Montréal*. Repéré à [https://www.journaldemontreal.com/2020/07/23/rive-sud-fumee-toxique-degagee-par-lincendie-de-batteries-de-lithium?mc\\_cid=63b27a1a8a&mc\\_eid=c78b9dc0fd](https://www.journaldemontreal.com/2020/07/23/rive-sud-fumee-toxique-degagee-par-lincendie-de-batteries-de-lithium?mc_cid=63b27a1a8a&mc_eid=c78b9dc0fd)

Max-Gessler, M. (2014, 11 février). De l'autopartage en milieu rural? *L'Écho de Trois-Rivières*. Repéré à <https://www.lechodetroisrivieres.ca/actualites/actualites/182153/de-lautopartage-en-milieu-rural>

Mayrand, K., Dorval, Y.-T., Bolduc, D., Alain, B., Savard, C., Houde, S., ... Delorme, F. (2020). *Contributions en vue de compléter les mesures de soutien et de relance dans le contexte de la crise de la COVID-19*. Repéré à [http://copticom.ca/wp-content/uploads/2020/04/COVID-19-Lettre-PM-et-Mesures-de-soutien-et-de-relance\\_FINAL.pdf](http://copticom.ca/wp-content/uploads/2020/04/COVID-19-Lettre-PM-et-Mesures-de-soutien-et-de-relance_FINAL.pdf)

McKenna, A. (2019, 3 septembre). Vers un mode de paiement unifié pour toutes les bornes de recharge au pays. *La Presse*. Repéré à <https://auto.lapresse.ca/voitures-electriques/201909/03/01-5239632-vers-un-mode-de-paiement-unifie-pour-toutes-les-bornes-de-recharge-au-pays.php>

McMannis, D. (2020, 20 juin). How can Tesla battery swap work now after million-mile batteries. *TorqueNews*. Repéré à <https://www.torquenews.com/5474/how-can-tesla-battery-swap-work-now-after-million-mile-batteries>

Ménigault, C. (2014). *Quelle place pour le véhicule électrique au Québec?* (Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec) Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2014/Menigault\\_C\\_\\_2014-05-20\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2014/Menigault_C__2014-05-20_.pdf)

Messagie, M. (s. d.). *Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles*. Repéré à <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/TE%20-%20draft%20report%20v04.pdf>

- Migette, J.C., Petchu, M., Delahaie, H., et Debbah, F. (2019). *Analyses : infrastructures de recharge pour véhicule électrique*. Repéré à <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2019-07-Rapport-IRVE.pdf>
- Miles, A. (2018, 6 novembre). Wireless charging at 120kW by electromagnetic induction. *Cleantechnica*. Repéré à <https://cleantechnica.com/2018/11/06/wireless-charging-at-120kw-by-electromagnetic-induction/>
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2020). Projet de décret relatif à la promotion de l'usage des mobilités actives, partagées ou des transports en commun dans les messages publicitaires en faveur de véhicules terrestres à moteur. Repéré à <http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/projet-de-decret-relatif-a-la-promotion-de-l-usage-a2162.html>
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. (2014). *Le Plan national d'actions pour l'achat public durable (PNAAPD) 2015– 2020*. Repéré à [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Plan\\_national\\_d\\_action\\_pour\\_les\\_achats\\_publics\\_durables\\_2015-2020.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Plan_national_d_action_pour_les_achats_publics_durables_2015-2020.pdf)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2015). *Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020*. Repéré à <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/developpement-durable/strategie-dd-2015-2020.pdf?1582816783>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2016). *Bilan final du Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/bilan/bilanPACC2006-2012.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDELCC). (2017). *Bilan mi-parcours du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques, 2017* Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/bilan/ bilanPACC-mi-parcours.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017, 18 décembre). Mise en œuvre de la norme véhicules zéro émission (VZE) : au Québec, les constructeurs automobiles devront offrir plus de modèles électriques et hybrides rechargeables. [Communiqué de presse]. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/infuseur/communiqu.asp?no=3906>
- Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs (MDDEP). (2008). *Plan d'action 2006 - 2012 : le Québec et les changements climatiques, un défi pour l'avenir*. Repéré à [http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan\\_action/2006-2012\\_fr.pdf](http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/2006-2012_fr.pdf)
- Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs (MDDEP). (2012). *Le Québec en action vert 2020 : plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques, phase 1*. Repéré à [http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan\\_action/pacc2020.pdf](http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/pacc2020.pdf)
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020). Mission, vision et valeurs. Repéré à <https://www.quebec.ca/gouv/ministere/environnement/mission-et-mandats/>

- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). (s. d.a). *Guide de discussion : réflexion sur la place du Québec dans la mise en valeur des minéraux critiques et stratégiques*. Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/GU-reflexion-mineraux-critiques-strategiques-discussion-MERN.pdf>
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). (s. d.b). *Réflexion sur la mise en valeur des minéraux critiques et stratégiques*. Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/mines/strategies/mineraux-critiques-strategiques/>
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). (2019). *Réflexion sur la place du Québec dans la mise en valeur des minéraux critiques et stratégiques (MCS)*. [Diaporama]. Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/PR-regionales-mineraux-strat-MERN.pdf>
- Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). (2018a). *Transporter le Québec vers la modernité : politique de mobilité durable – 2030*. Repéré à [https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role\\_ministere/DocumentsPMD/politique-mobilite-durable.pdf](https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/DocumentsPMD/politique-mobilite-durable.pdf)
- Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). (2018b). *Transporter le Québec vers la modernité politique de mobilité durable - 2030 : plan d'action 2018-2023*. Repéré à [https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role\\_ministere/DocumentsPMD/PMD-plan-action.pdf](https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/DocumentsPMD/PMD-plan-action.pdf)
- Ministère des Transports du Québec (MTQ). (2015). *Propulser le Québec par l'électricité : plan d'action en électrification des transports 2015-2020*. Repéré à <https://roulezelectrique.com/wp-content/uploads/2015/10/CIAO-047-MTQ-LGS-RapportFRv5.pdf>
- Ministère des Transports du Québec (MTQ). (2020, 15 juillet.). *Loi concernant le transport rémunéré de personnes par automobile : dépôt de trois projets de règlement prévoyant les modalités d'application de la Loi*. [Communiqué de presse]. Repéré à <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/loi-concernant-le-transport-remunere-de-personnes-par-automobile-depot-de-trois-projets-de-reglement-prevoyant-les-modalites-d-application-de-la-loi-896517852.html>
- Mobilité électrique Canada. (2010). *Feuille de route du Canada sur la technologie des véhicules électriques : une vision stratégique pour les véhicules électriques à batterie, les véhicules rechargeables et les autres véhicules électriques hybrides aptes à circuler sur les routes*. Repéré à [http://emc-mec.ca/wp-content/uploads/ElectricVehicleTechnologyRoadmap\\_f.pdf](http://emc-mec.ca/wp-content/uploads/ElectricVehicleTechnologyRoadmap_f.pdf)
- Mobilité électrique Canada. (2016). *Feuille de route sur l'accélération du déploiement des véhicules électriques au Canada 2016-2020*. Repéré à [http://emc-mec.ca/wp-content/uploads/Feuille-de-route-MEC\\_rapport-final.pdf](http://emc-mec.ca/wp-content/uploads/Feuille-de-route-MEC_rapport-final.pdf)
- Mobilité Montréal. (s. d.). Outils de planification. Repéré à <https://mobilitemontreal.gouv.qc.ca/outils/>
- Mousseau, N. et Simon, R. (2016). *Métaux et économie circulaire au Québec, rapport de l'étape 2 : principes de l'économie circulaire et approches à l'étranger*. Repéré à <https://mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Principes-economie-circulaire-approches-etranger.pdf>
- Nelder, C. et Rogers, E. (2019). *Reducing EV charging infrastructure costs*. Repéré à <https://rmi.org/insight/reducing-ev-charging-infrastructure-costs/>



- Nouveau Monde Graphite. (2017). Les batteries lithium-ion : comment elles sont produites et prévisions d'une industrie en forte croissance. Repéré à <http://nouveau monde.ca/article/>
- Office québécois de la langue française (OQLF). (1970). Fiche terminologique “Infrastructure”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=17094097](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=17094097)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2015). Fiche terminologique “Décarbonation”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26507207](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26507207)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2017). Fiche terminologique “Mobilité durable”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26506642](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26506642)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2018a). Fiche terminologique “Borne de recharge rapide en courant continu”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26544631](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26544631)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2018b). Fiche terminologique “Électrification des transports”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26544785](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26544785)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2018c). Fiche terminologique “Recharge de niveau 1 en courant alternatif”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26544660](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26544660)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2018d). Fiche terminologique “Recharge de niveau 2 en courant alternatif” Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26544663](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26544663)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2020a). Fiche terminologique “Développement durable”. Repéré à [https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie\\_deve\\_durable/fiches/developpement\\_durable.html](https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_deve_durable/fiches/developpement_durable.html)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2020b). Fiche terminologique “Durable”. Repéré à [https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie\\_deve\\_durable/fiches/durable.html](https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_deve_durable/fiches/durable.html)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2020c). Fiche terminologique “Responsable”. Repéré à [https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie\\_deve\\_durable/fiches/responsable.html](https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_deve_durable/fiches/responsable.html)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2020d). Fiche terminologique “Véhicule électrique”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=2070281](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=2070281)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2020e). Fiche terminologique “Véhicule hybride”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=2070290](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=2070290)
- Office québécois de la langue française (OQLF). (2020f). Fiche terminologique “Véhicule hybride rechargeable”. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26501997](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26501997)
- Paquin, S. et Kirouac, L.A. (2014). *L'impact de l'ALENA sur le Québec pour les nuls*. Repéré à [https://cirriq.org/wp-content/uploads/2014/11/geriq\\_note-recherche\\_2014-novembre.pdf](https://cirriq.org/wp-content/uploads/2014/11/geriq_note-recherche_2014-novembre.pdf)
- PhareClimat. (s. d.). Repéré à <https://www.phareclimat.com/initiatives-repertoire.php>

- Pôle québécois de concertation sur l'économie circulaire. (2016). Concept et définition : l'économie circulaire. Repéré à <https://www.quebeccirculaire.org/static/concept-et-definition.html>
- La Presse. (2019, 4 décembre). Faire de l'argent avec l'auto électrique : pas toujours évident. Repéré à <https://auto.lapresse.ca/voitures-electriques/201912/04/01-5252353-faire-de-largent-avec-lauto-electrique-pas-toujours-evident.php>
- Propulsion Québec. (s. d.a) *Rapport annuel 2017*. Repéré à [https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2018/07/Propulsion\\_Quebec-Rapport\\_annuel\\_2017\\_FRA\\_final.pdf?download=1](https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2018/07/Propulsion_Quebec-Rapport_annuel_2017_FRA_final.pdf?download=1)
- Propulsion Québec. (s. d.b). *Rapport annuel 2019*. Repéré à <https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/06/RA-2019-FINAL-WEB.pdf?download=1>
- Propulsion Québec. (2019). *Filière des batteries lithium-ion : développer un secteur porteur d'avenir pour l'économie du Québec*. Repéré à <https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2019/09/RAPPORT-BATTERIES-LITHIUM-ION.pdf?download=1>
- Propulsion Québec. (2019, 13 février). *Propulsion Québec démarre une étude sur les enjeux et les meilleures pratiques de la collecte et du recyclage des batteries lithium-ion en fin de vie dans le secteur des transports*. [Communiqué de presse]. Repéré à [https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/02/20200212\\_COMMUNIQUE\\_Demarrage\\_Batteries-1.pdf?download=1](https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/02/20200212_COMMUNIQUE_Demarrage_Batteries-1.pdf?download=1)
- Propulsion Québec. (2020a). *Budget provincial 2020-2021 : faits saillants*. Repéré à <https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/03/2020-03-10-BUDGET-PROVINCIAL-2020-2021-FAITS-SAILLANTS-1.pdf?download=1>
- Propulsion Québec. (2020b). *En route vers l'électrification de l'économie : mémoire présenté au ministère des Finances du gouvernement du Canada dans le cadre des consultations prébudgétaires 2020-2021*. Repéré à [https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/02/PROQ05\\_Memoire-consultations-prebudgetaires-Federal\\_20200221\\_FINAL.pdf?download=1](https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/02/PROQ05_Memoire-consultations-prebudgetaires-Federal_20200221_FINAL.pdf?download=1)
- Propulsion Québec. (2020c). *Horizon 2050 et besoins en main-d'œuvre et formation du secteur des transports électriques et intelligents au Québec*. Repéré à [https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/07/E\\_tude\\_PropulsionQC\\_Horizon\\_2050\\_Main-doeuvre.pdf](https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2020/07/E_tude_PropulsionQC_Horizon_2050_Main-doeuvre.pdf)
- Propulsion Québec, Houde, S. et Dunsky, P. (2020, 27 mai). Réduire les GES au Québec : le véritable potentiel de l'électrification. [Webinaire]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=HTzlWTrpV00&feature=youtu.be>
- Proulx, J.-M. (2014). *Évaluation de l'impact potentiel de l'implantation d'un réseau de bornes de recharge rapide pour véhicules électriques sur les autoroutes du Québec*. (Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec et Université de technologie de Troyes, France). Repéré à [https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7409/cufe\\_Proulx\\_JM\\_\\_2014-02-17\\_\\_01\\_essai395.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7409/cufe_Proulx_JM__2014-02-17__01_essai395.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Québec circulaire. (s. d.). Stratégies de circularité. Repéré à <https://www.quebeccirculaire.org/static/strategies-de-circularite.html>
- Radio-Canada. (2019, 3 septembre). Tournée gouvernementale sur l'électrification et les changements climatiques. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/premiere/emissions/360-pm/segments/entrevue/130881/electrification-transports-gouvernement-changements-climatiques>

- Raymond, P.-R. (2017, 30 août). Installer une borne électrique en copropriété, un défi. *Le Soleil*. Repéré à <https://www.lesoleil.com/affaires/auto/installer-une-borne-electrique-en-copropriete-un-defi-b6f68710bfc7b6264d58654bca701d73>
- Raymond, P.-R. (2019, 17 mars). Garanties des batteries des véhicules électriques : un grand fouillis. *Le Soleil*. Repéré à <https://www.lesoleil.com/auto/garanties-des-batteries-des-vehicules-electriques-un-grand-fouillis-902656d660c3c7c78305efae9f3f835>
- Recyclage Lithion. (2019). Usines. Repéré à <https://www.lithionrecycling.com/fr/usines-recyclage-batteries-lithium-ion/>
- RECYC-QUÉBEC. (s. d.). L'économie circulaire, une priorité. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/entreprises-organismes/mieux-gerer/economie-circulaire>
- RECYC-QUÉBEC. (2008). *Fiche d'information : les véhicules hors d'usage*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Fiche-info-vehicules.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2018). *Pneus hors d'usage*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/fiche-info-pneus.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2019). Responsabilité élargie des producteurs (REP). Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/entreprises-organismes/mieux-gerer/responsabilite-elargie-producteurs>
- Régie de l'énergie du Canada. (2019). Panorama de l'électricité renouvelable au Canada 2017 – Analyse des marchés de l'énergie. Repéré à <https://www.cer-rec.gc.ca/nrg/sttstc/lctrct/rprt/2017cndrnwblpwr/prvnc/qc-fra.html>
- Régie du bâtiment du Québec. (2018). *Cahier explicatif sur les principaux changements au chapitre V, électricité, du Code de construction du Québec*. Repéré à <https://www.rbq.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Publications/francais/cahier-explicatif-changement-electricite-2018.pdf>
- Règlement d'application de la loi visant l'augmentation du nombre de véhicules automobiles zéro émission au Québec afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants*, A-33.02, r. 1.
- Règlement sur les tarifs d'utilisation du service public de recharge rapide pour véhicules électriques*, H-5, r. 1.
- Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement. (2020). *Mémoire sur le projet de loi n°44 : projet de loi visant principalement la gouvernance efficace de la lutte contre les changements climatiques et à favoriser l'électrification*. Repéré à [http://www.rncreq.org/images/UserFiles/files/2020-01-17\\_Memoire\\_PL44\\_RNCREQ.pdf](http://www.rncreq.org/images/UserFiles/files/2020-01-17_Memoire_PL44_RNCREQ.pdf)
- Reichmuth, D. (2020, 11 février). Are electric vehicles really better for the Climate? Yes. Here's why. [Billet de blogue]. Repéré à [https://blog.ucsusa.org/dave-reichmuth/are-electric-vehicles-really-better-for-the-climate-yes-heres-why?\\_ga=2.217980051.46167902.1586379689-2124051111.1586379689](https://blog.ucsusa.org/dave-reichmuth/are-electric-vehicles-really-better-for-the-climate-yes-heres-why?_ga=2.217980051.46167902.1586379689-2124051111.1586379689)
- Rioux, X. H. (2020, 12 mai). Financer la transition industrielle, le défi du modèle québécois. *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/debats/opinions/2020-05-12/l-apres-covid-19-financer-la-transition-industrielle-le-defi-du-modele-quebecois>

- Roberge, S. (2019, 28 avril). Ne répare par qui veut un véhicule électrique. *La Tribune*. Repéré à <https://www.lesoleil.com/auto/ne-repare-pas-qui-veut-un-vehicule-electrique-video-9a45b13d470a25e6c0f42c1e48f41dfa>
- Sabatier, P.A. et Weible, C.M. (2007). The advocacy coalition framework: Innovations and clarifications. Dans P.A. Sabatier (dir.), *Theories of the policy process* (2e édition, p. 189-210). Davis, CA : Westview Press.
- Savard, C. (2019, 31 octobre). Voitures électriques, attention aux angles morts. *La Presse*. Repéré à [http://plus.lapresse.ca/screens/a6de9c71-01bf-4c08-960d-e7ff996beff8\\_\\_7C\\_\\_0.html?utm\\_medium=Email&utm\\_campaign=Internal%2BShare&utm\\_content=Screen](http://plus.lapresse.ca/screens/a6de9c71-01bf-4c08-960d-e7ff996beff8__7C__0.html?utm_medium=Email&utm_campaign=Internal%2BShare&utm_content=Screen)
- Savard, C. (2019, 1 novembre). Voiture électrique : accélérer un virage nécessaire. *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/debats/opinions/201910/31/01-5247813-voiture-electrique-accelerer-un-virage-necessaire.php>
- Services FLO Inc. (2020). Foire aux questions. Repéré à <https://www.flo.com/fr-CA/ressources/faq/>
- Scherrer, F. Lavoie, N., Abrassart, C., et Bastin, A. (2017). La conception innovante en urbanisme : recherche-expérimentation pédagogique associée à l'atelier de maîtrise en urbanisme de l'Université de Montréal. *Revue internationale d'urbanisme*, 2017 (3). Repéré à <http://www.riurba.review/Revue/la-conception-innovante-en-urbanisme-recherche-experimentation-pedagogique-associee-a-latelier-de-maitrise-en-urbanisme-de-luniversite-de-montreal/>
- Schwoerer, P. (2019, 26 avril). Recharge rapide : que faut-il choisir entre Combo CCS et CHAdeMO? *Automobile propre*. Repéré à <https://www.automobile-propre.com/recharge-rapide-que-faut-il-choisir-entre-combo-ccs-et-chademo/>
- Shanahan, E.A., Jones, M.D., McBeth, M.K. et Radaeli, C.M. (2010). The narrative policy framework. Dans C.M. Weible et P.A. Sabatier (dir.), *Theories of the policy process* (4e édition, p. 173-2013). Davis, CA : Westview Press.
- SHARE NOW. (s. d.). Qu'est-ce que Share Now? Repéré à <https://www.share-now.com/fr/fr/faq/about-share-now/#what-is-share-now>
- Sharpe, B., Lutsey, N., Smith, C. et Kim, C. (2020). *Jeu de puissance : le rôle du Canada dans la transition vers les véhicules électriques*. Repéré à <https://theicct.org/sites/default/files/Le%20role%20du%20Canada%20dans%20la%20transition%20vers%20les%20vehicules%20electriques%2C%20Sommaire.pdf>
- Sharpe, B. et Pelchat, J. (2020, 1 mai). La fabrication de véhicules électriques s'accélère à l'échelle mondiale, mais le Canada tire de l'arrière faute de politiques ambitieuses pour développer son marché. *Options politiques*. Repéré à <https://policyoptions.irpp.org/fr/magazines/may-2020/le-retard-du-canada-dans-la-fabrication-de-vehicules-electriques/>
- Shields, A. et Crête, M. (2019, 1 novembre). Québec reprend le contrôle du Fonds vert. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/politique/quebec/566013/le-ministre-de-l-environnement-aura-le-dernier-mot-sur-les-projets-finances-par-le-fonds-vert>

- Shunmugasundaram, S., Lagadec, M. F., Degnarain, N., Wood, V. (2017). The future is battery-powered: But are we overcharging the planet? Repéré à <https://www.weforum.org/agenda/2017/09/lithium-ion-batteries-ethics-global-battery-alliance/>
- Simard, A.-A. et Rousseau, M. (2020, 10 juin). Relance économique : c'est le ministère de l'Environnement qu'il faut bétonner. *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/debats/opinions/2020-06-10/relance-economique-c-est-le-ministere-de-l-environnement-qu-il-faut-betonner>
- SmartCitiesWorld news team. (2018, 3 septembre). Blockchain mobility protocol for smart cities. *SmartCities World*. Repéré à <https://www.smartcitiesworld.net/news/blockchain-mobility-protocol-for-smart-cities-3296>
- SmartCitiesWorld news team. (2018, 5 septembre). Helsinki leads in mobility-as-a-service. *SmartCities World*. Repéré à <https://www.smartcitiesworld.net/news/helsinki-leads-in-mobility-as-a-service-3308>
- Société québécoise de récupération et de recyclage. (2018, 4 décembre). Au diapason de l'économie circulaire : ouverture des premières Assises québécoises de l'économie circulaire organisées par RECYC-QUÉBEC. [Communiqué de presse]. Repéré à <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/au-diapason-de-leconomie-circulaire---ouverture-des-premieres-assises-quebecoises-de-leconomie-circulaire-organisees-par-recyc-quebec-701915321.html>
- Statistique Canada. (2009, mise à jour 2 juin). Population active occupée âgée de 15 ans et plus ayant un lieu habituel de travail dans les logements privés occupés selon la distance de navettage, période de construction et type de construction résidentielle, chiffres de 2006, pour le Canada et les régions métropolitaines de recensement et les agglomérations de recensement : données-échantillon (20 %). Repéré à <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2006/dp-pd/hlt/97-561/T605-fra.cfm?Lang=F&T=605&GH=8&SC=1&SO=0&O=A>
- Statistique Canada. (2020). Moyenne de temps consacré en heures par jour au transport aller et retour d'activités, par mode de transport, tableau 45-10-0014-03 (Date de modification : 2020-06-19). Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=4510001403>
- St. John, J. (2015, 15 juin). Nissan, Green Charge Networks turn 'second-life' EV batteries into grid storage business. *Greentech Media*. Repéré à <https://www.greentechmedia.com/articles/read/nissan-green-charge-networks-turn-second-life-ev-batteries-into-grid-storag>
- Suez. (2018, 25 octobre). RecyCâbles, leader européen du recyclage et de la valorisation des câbles, poursuit son développement. [Communiqué de presse]. Repéré à <https://www.suez.com/fr/actualites/communiques-de-presse/recycables-leader-europeen-recyclage-valorisation-cables-developpement-projet-creation-seconde-ligne-broyage>
- Tesla. (2020). Soutien : superchargement. Repéré à [https://www.tesla.com/fr\\_CA/support/supercharging?redirect=no](https://www.tesla.com/fr_CA/support/supercharging?redirect=no)
- Transition énergétique Québec (TEQ). (2019a). Rabais du gouvernement. Repéré à <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/rabais/rabais-offert-gouvernement-du-quebec.asp>
- Transition énergétique Québec (TEQ). (2019b). Conditions. Repéré à <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/rabais/ve-occasion/conditions-rabais-vehicule-occasion.asp>

- Transition énergétique Québec (TEQ). (2020). Téléchargez les données. Repéré à <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/rabais/statistiques/telecharger-donnees-ouvertes.asp>
- United Nations Conference on Trade and Development. (2019). *Commodities at a glance: Special issue on strategic battery raw materials*. Repéré à [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditccom2019d5\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditccom2019d5_en.pdf)
- UNPOINTCINQ. (2019, 30 novembre). Densifier au lieu de s'étaler. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/societe/environnement/567941/densifier-au-lieu-de-s-etaler>
- Vérificateur Général du Québec. (2020, 10 juin). Le commissaire au développement durable présente son rapport de juin 2020. [Communiqué de presse]. Repéré à <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/le-commissaire-au-developpement-durable-presente-son-rapport-de-juin-2020-838515845.html>
- Voelcker, J. (2018, 2 février). Dealers start to worry about ebbing repair income from electric cars. *Green Car Reports*. Repéré à [https://www.greencarreports.com/news/1115091\\_dealers-start-to-worry-about-ebbing-repair-income-from-electric-cars](https://www.greencarreports.com/news/1115091_dealers-start-to-worry-about-ebbing-repair-income-from-electric-cars)
- Whitmore, J et Pineau, P.- O. (2020). *État de l'énergie au Québec 2020*. Repéré à [https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/03/EEQ2020\\_WEB.pdf](https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/03/EEQ2020_WEB.pdf)
- Williams, K. (2020, 3 janvier). World's first exploration certification program launched in Quebec. *CIM Magazine*. Repéré à <https://magazine.cim.org/en/news/2019/worlds-first-exploration-certification-program-launched-in-quebec-en/>
- World Economic Forum (WEF). (2019). *A vision for a sustainable battery value chain in 2030: Unlocking the full potential to power sustainable development and climate change mitigation* (rapport de Global Battery Alliance). Repéré à [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_Vision\\_for\\_a\\_Sustainable\\_Battery\\_Value\\_Chain\\_in\\_2030\\_Report.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf)
- YHC Environnement. (2020). Système d'autopartage avec véhicule électrique pour les municipalités en région : concept SAUVÉR. Repéré à <https://yhcenvironnement.com/services-yhc-environnement/concepts-produits-et-startups/autopartage-avec-vehicule-electrique-sauver/>

## **ANNEXE 1 - CHRONOLOGIE DES POLITIQUES ET DES PLANS D'ACTION EN ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS AU QUÉBEC**

Six politiques et plans d'action québécois ont prévu des mesures relatives à l'électrification des transports depuis 2006. Un résumé des principaux aspects visés par ces documents sont présentés ici, en ordre chronologique.

### **1- PLAN D'ACTION SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2006-2012**

Le Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012 (PACC 2006-2012) est adopté dans la foulée de l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto. Visant à positionner le Québec sur le chemin d'une économie plus sobre en carbone, son objectif de réduction d'émissions de GES était fixé à 6 % sous le niveau de 1990 à l'horizon 2020 et sera révisé à 20 % en novembre 2009. Comportant 26 actions et 9 mesures de lutte contre les changements climatiques, sa mise en œuvre était soutenue par 9 ministères et organismes, de tous les secteurs de l'économie. Le secteur des transports s'est vu allouer 61 % du budget total de 1,272 G\$ (Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs [MDDEP], 2008). Les instruments privilégiés par ce plan sont la sensibilisation et l'information, la réglementation, l'aide financière ainsi que la recherche et le développement. Les initiatives menées visent notamment le développement des infrastructures de transport collectif et de l'intermodalité dans le transport des marchandises, tout comme le financement de la filière électrique. Ce financement appuiera le développement de VE et de leurs composantes. Des incitatifs à l'acquisition de ce type de véhicules sont offerts par le programme Roulez électrique. Le bilan final du PACC 2006-2012 fait état d'une augmentation de 4,7 % des émissions de GES du secteur des transports, passant de 40 % à 44,7 % pour la période (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC, 2016).

### **2- PLAN D'ACTION 2011-2020 SUR LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES**

Au printemps 2011 est dévoilé le Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques. Ce plan spécifique aux VE fait le lien entre les actions déjà en place depuis 2009 (crédits d'impôt, mesures fiscales et aide financière à l'achat de VE individuels ou commerciaux) et le prochain PACC (2013-2020). Le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, le ministère des Finances et de l'Économie, le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs ainsi que le ministère des Transports (MTQ) ont participé à son élaboration. Sa visée stratégique est de profiter des richesses hydroélectriques de la province pour non seulement « développer un nouveau système de mobilité durable », mais aussi développer « la filière industrielle des véhicules électriques [et] développer les marchés extérieurs ». Pour démontrer la faisabilité de mettre en valeur les ressources naturelles et de protéger l'environnement tout en développant l'économie, le plan comporte trois grands objectifs. Ces objectifs sont, à l'horizon 2020, de faire en sorte que le secteur des transports assure 6 des 20 % de réduction d'émission de GES, contribue à réduire l'apport des produits pétroliers dans le bilan énergétique et que le nombre d'emplois directement ou indirectement liés à la filière industrielle des véhicules électriques passe de 1 500 à 5 000. (Gouvernement du Québec, 2011)

Les cibles spécifiques à l'électrification des transports individuels visent à ce qu'en 2020, le quart de nouveaux véhicules légers pour passagers soient des véhicules entièrement électriques ou hybrides rechargeables, pour atteindre un total cumulatif de 300 000 de ces véhicules en circulation à terme. Cet objectif permet de répondre aux grands objectifs du plan, et d'envisager qu'en 2030, il y aura 1,2 M de VE en circulation au Québec. (Gouvernement du Québec, 2011)

Pour favoriser l'atteinte des cibles, les crédits d'impôt sont remplacés par des rabais plus substantiels à l'achat ou à la location d'un premier véhicule électrique (jusqu'à 8 000 \$) ou hybride, ainsi que pour l'achat et l'installation de bornes de recharge. Ces rabais sont offerts aux particuliers, aux entreprises, aux organismes à but non lucratif et aux municipalités. Une plaque d'immatriculation verte réservée aux véhicules électriques est introduite par la Société de l'assurance automobile du Québec, et elle permet notamment l'accès aux voies réservées et aux bornes de recharge publiques. Hydro-Québec est pour sa part responsable du déploiement du réseau de recharge publique. Le Code de construction pour les nouveaux bâtiments sera modifié en octobre 2018 (Régie du bâtiment du Québec, 2018) afin que des prises électriques extérieures de 120 volts soient obligatoirement installées dans toutes les nouvelles constructions et que le câblage de 240 volts soit d'emblée inclus aux structures, en prévision de l'installation d'une borne de recharge rapide. Un programme de sensibilisation et de promotion est prévu pour appuyer ces mesures. Le transport collectif et le covoiturage seront l'objet d'une attention et d'un soutien monétaire particuliers pour accélérer leur électrification, notamment grâce à des essais et des projets pilotes visant l'intégration de VE dans les flottes de véhicules. Finalement, le développement de la filière industrielle sera activement soutenu par le Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques, particulièrement en recherche, développement et innovation. (Gouvernement du Québec, 2011)

### **3- STRATÉGIE EN ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS 2013-2017**

La Stratégie en électrification des transports 2013-2017 priorise l'emploi et veut faire du Québec un modèle à suivre, en faisant rapidement plus de place aux transports électriques. En tirant parti du « savoir-faire électrique » provincial, le développement d'une filière forte et performante servira à bâtir l'avenir. Le programme Roulez électrique est prolongé dans le but de quintupler en trois ans le nombre de VE en circulation. Une nécessaire adéquation entre les plans de mobilité et l'aménagement du territoire est évoquée. (Gouvernement du Québec, 2013)

### **4- PLAN D'ACTION SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2013-2020**

Le deuxième plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020 (PACC 2013-2020) est élaboré par 15 organismes et ministères qui sont aussi responsables de sa mise en œuvre. Les actions relèvent toutefois majoritairement du « ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET), Transition énergétique Québec et le MDDELCC » (MDDELCC, 2017). Pièce maîtresse de l'approche stratégique de lutte aux changements climatiques, ce plan se veut souple et évolutif et maintient la cible de réduction des émissions de 20 % sous le niveau de 1990 à l'horizon 2020. Le système de plafonnement et d'échanges des droits d'émission de GES est créé le 1<sup>er</sup> janvier 2013. (MDDEP, 2012)

Avec ses quelque 180 mesures, selon 30 priorités, le PACC 2013-2020 vise particulièrement les secteurs les plus émetteurs que sont l'industrie, les bâtiments et les transports (MDDEP, 2012). Les coûts de chaque tonne réduite ou évitée sont un important critère de sélection des priorités, mais le potentiel structurant ainsi que les bénéfices sociaux, économiques et environnementaux pouvant en découler sont aussi considérés. Les priorités du PACC 2013-2020 incluent à la fois des mesures réglementaires et du soutien financier, sous forme de subventions ou de prêts. Des initiatives de formation, de sensibilisation, d'accompagnement et de mobilisation sont prévues, dans l'objectif de créer une synergie. (MDDEP, 2012)

Après un bilan de mi-parcours marqué notamment par l'avancement des connaissances sur les impacts des changements climatiques ainsi que le développement de l'expertise en quantification, une meilleure collaboration pancanadienne en matière de lutte à ces changements permet l'accès à plusieurs fonds fédéraux de financement. (MDDELCC, 2017). En 2017, le budget du PACC 2013-2020 est donc



augmenté de 40 % par rapport au budget initial et une nouvelle cible de réduction des émissions est établie à 37,5 % sous le niveau de 1990 à l'horizon 2030 et de 95 % à l'horizon 2050.

Attendu que les émissions générées par les transports routiers sont en forte progression (30 % de 1990 à 2009), cinq priorités du PACC 2013-2020, présentées dans le tableau A.1, visent spécifiquement à réduire les émissions de GES du secteur du transport (MDDEP), 2012.

**Tableau A.1 Priorités du PACC 2013-2020 pour le secteur des transports** (tiré de : MDDEP, 2012, p. 54-55)

Numéro	Description
13	Promouvoir le transport collectif et alternatif en améliorant l'offre, en développant les infrastructures et en facilitant les choix durables.
14	Verdir le parc automobile grâce à des véhicules plus écoénergétiques et mieux entretenus.
15	Investir dans l'intermodalité et la logistique pour optimiser le transport des marchandises et des personnes.
16	Améliorer l'efficacité du transport maritime, ferroviaire, aérien et hors route.
17	Réduire l'empreinte environnementale du transport routier des marchandises.

D'autres actions prévues dans le plan visent des gains moins directs et à plus long terme. Elles touchent essentiellement la modification des infrastructures, par le biais de l'aménagement, ainsi que l'innovation, la recherche et le développement en lien avec des solutions de réduction des émissions. Cependant, certaines des mesures prévues dans le PACC 2013 -2020 ont été exclues, notamment l'instauration d'un système de redevance-remise (bonus-malus) à l'achat ou l'immatriculation d'un véhicule (MDDELCC, 2017).

Les mesures du PACC 2013-2020 touchant de près ou de loin le secteur des transports interpellent tout le monde : les gens qui se déplacent en auto, en transport collectif ou par des moyens actifs; les personnes qui acheminent, transportent ou reçoivent des marchandises, par l'eau, les chemins de fer, les airs, les routes et même hors des routes; les chercheurs et les spécialistes de l'innovation; et ceux qui en font la démonstration ou la commercialisation. Les municipalités, qui accueillent l'ensemble de ces individus et leurs activités, sont explicitement pressenties comme partenaires incontournables pour identifier et mettre en œuvre les solutions permettant la réduction des émissions, majoritairement imputables au transport. (MDDEP, 2012)

## 5- PLAN D'ACTION EN ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS 2015-2020

Les efforts gouvernementaux balisés par le PACC 2013-2020 sont consolidés dans le Plan d'action en électrification des transports 2015 -2020. Dans une visée inclusive, les citoyens, les entreprises et les organismes du secteur des transports y sont nommément invités à contribuer à l'initiative, fruit de la collaboration de 12 ministères, organismes et sociétés d'État. L'électrification des transports s'inscrit dans un vaste mouvement de redéfinition de la mobilité, présentant des opportunités de développement économique et d'innovation dans des secteurs d'activité connexes. S'appuyant encore sur les ressources hydroélectriques abondantes, le plan d'action souligne aussi la présence sur le territoire de ressources minérales et métalliques d'intérêt pour l'électrification des transports. Les gisements de lithium, graphite, cobalt, vanadium, niobium et de terres rares ne sont pour le moment que peu exploités. Les centres d'expertise ainsi que les acteurs industriels du secteur des transports électrifiés sont identifiés comme parties prenantes. (MTQ, 2015)

Les cibles établies pour faire du Québec « un chef de file de l'utilisation de moyens de transport propulsés par l'électricité et un précurseur en matière de mobilité durable » (MTQ, 2015, p. 13) sont présentées au tableau A.2.

**Tableau A.2 Cibles du Plan d'action en électrification des transports 2015-2020** (tiré de : MTQ, 2015, p. 15)

Atteindre un nombre de 100 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables immatriculés au Québec.
Réduire de 150 000 tonnes les émissions annuelles de GES produites par les transports.
Réduire de 66 M le nombre de litres de carburant consommés annuellement au Québec.
Compter 5 000 emplois dans la filière des véhicules électriques et avoir entraîné des investissements d'un montant total de 500 M\$.
Atteindre 300 000 véhicules électriques en 2026
Possibilité de l'adoption d'une norme véhicules à zéro émission (VZE).

Pour atteindre ces objectifs, le plan prévoit 35 mesures, articulées autour de trois orientations soit : favoriser les transports électriques, développer la filière industrielle et créer un environnement favorable. Afin de favoriser les transports électriques, cinq mesures, présentées au tableau A.3, visent le transport collectif électrique et six visent à encourager l'utilisation des véhicules électriques légers.

**Tableau A.3 Mesures du Plan d'action en électrification des transports 2015-2020 pour favoriser les transports électriques** (tiré de : MTQ, 2015, p. 20 et 24)

Programmes (par secteur)	Détails ou exemples
<b>Transport collectif électrique</b>	
Un programme de soutien à des projets de démonstration en transport collectif.	Produits fabriqués et projets réalisés au Québec : 6 autobus E-Lion testés sur différents circuits scolaires.
Un programme d'appui à l'acquisition d'autobus scolaires électriques.	Rabais à l'achat d'autobus, qui devront circuler sur les routes de la province pendant toute leur durée de vie.
Un soutien à la réalisation de projets pilotes pour l'électrification des parcs de véhicules de taxis.	Financer des projets visant à établir les paramètres d'utilisation de véhicules électriques pour répondre aux besoins.

**Tableau A.3 Mesures du Plan d'action en électrification des transports 2015-2020 pour favoriser les transports électriques (suite)**

Le projet Cité Mobilité Montréal.	La Société de transport de Montréal vise à acquérir et à évaluer, sur une période de trois ans, trois autobus urbains entièrement électriques recourant à une technologie de recharge rapide par conduction en début et en fin de ligne, sur un trajet avec passagers.
Des grands projets en transport collectif à l'étude : • Système de transport collectif sur le nouveau pont Champlain; • Prolongement du réseau de métro de Montréal; • Train de l'Ouest-de-Montréal.	83 M\$ prévus au Fonds des réseaux de transport terrestre pour la réalisation d'études reliées à ces projets.
<b>Véhicules électriques légers</b>	
Le soutien à l'implantation de bornes de recharge rapide le long des principaux axes routiers.	Collaboration du MTQ et Circuit électrique pour la mise en place d'un réseau de bornes et création de corridors électrifiés avec les provinces et États voisins (Ontario, Nouveau-Brunswick, Vermont et Maine).
Le soutien à l'implantation de bornes dans les immeubles à logements multiples, dans les nouveaux immeubles de bureaux et pour le stationnement sur rue.	Montréal : installer 25 bornes doubles à 240V et trois bornes de recharge rapide. Québec : installer 8 bornes doubles à 240V et une borne de recharge rapide.
La mise en place d'une approche concertée et d'actions structurantes avec les partenaires afin d'accroître le nombre de véhicules à zéro émission.	Analyse des politiques et des initiatives existantes dans le monde et qui soutiennent avec succès l'offre et l'achat de VZE pour déterminer les mesures les plus appropriées à la réalité québécoise.
Le programme Roulez électrique (en vigueur depuis le 1er janvier 2012).	Rabais à l'achat ou à la location d'un véhicule entièrement électrique, hybride rechargeable, hybride ou électrique à basse vitesse (jusqu'à 8 000 \$, le véhicule doit faire partie de la liste des véhicules admissibles).
Le programme Branché au travail.	Aide financière pour l'acquisition et l'installation de bornes de recharge offerte aux entreprises, aux municipalités et aux organismes. Ces bornes doivent servir à la recharge des véhicules qui appartiennent au demandeur ou à ses employés et demeurer en fonction pendant une période d'au moins trois ans. La recharge doit être offerte gratuitement aux employés durant cette même période.
L'expansion du réseau Circuit électrique • 785 bornes en service d'ici le 31 décembre 2016, dont 60 bornes de recharge rapide (400V) • Soutien au milieu municipal visant la planification du déploiement de sites de recharge.	Entente d'interopérabilité Circuit électrique et RéseauVER d'AddÉnergie. Une carte d'accès à l'un de ces deux réseaux donne accès aux 600 bornes des deux réseaux, et aux bornes du RéseauVER présentes dans les autres provinces.

## 6- POLITIQUE DE MOBILITÉ DURABLE – 2030

La Politique de mobilité durable – 2030 (PMD 2030), et un plan d'action pour 2018-2023, sont dévoilés en avril 2018. Portée par un comité consultatif composé d'une vingtaine d'acteurs gouvernementaux, municipaux et d'organismes spécialisés en mobilité durable, elle privilégie l'approche internationalement reconnue « Réduire-Transférer-Améliorer » pour atteindre l'objectif de réduction de 37,5 % des GES du secteur des transports sous les niveaux de 1990, d'ici 2030. (MTMDET, 2018a)

Cette approche est adoptée pour planifier les mesures à mettre en place en fonction de leur capacité à réduire les déplacements motorisés grâce à l'aménagement du territoire, au transfert des déplacements vers des modes plus durables et à l'amélioration des déplacements en misant sur l'efficacité énergétique. (MTMDET, 2018a). Pour concilier les enjeux de transport, d'environnement, d'aménagement du territoire et de développement économique, la PMD 2030 s'appuie sur une « vision multimodale du transport des personnes et des marchandises; l'innovation et les développements technologiques; l'intégration des objectifs de transition énergétique et de réduction de GES et la poursuite de l'inclusion des groupes et du milieu municipal afin de tenir compte des réalités régionales » (Copticom, 2018, 17 avril).

La PMD 2030 et son plan d'action 2018-2023 comportent 10 cibles, organisées autour des 3 sphères du développement durable (DD). Elles sont présentées au tableau A.4.

**Tableau A.4 Cibles de la PMD 2030** (compilé à partir de : MTMDET, 2018b)

<b>Orientations</b>	<b>Cibles à l'horizon 2030</b>
Une mobilité au service des citoyens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70 % de la population québécoise a accès à au moins quatre services de mobilité durable</li> <li>• Réduction de 20 % du temps de déplacement moyen entre le domicile et le travail</li> <li>• Réduction de 25 % du nombre d'accidents mortels et avec blessés graves par rapport à 2017</li> </ul>
Une mobilité à plus faible empreinte carbone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution de 20 % de la part du voiturage en solo à l'échelle nationale</li> <li>• Réduction de 40 % de la consommation de pétrole dans le secteur des transports sous le niveau de 2013</li> <li>• Réduction de 37,5 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur des transports sous le niveau de 1990</li> </ul>
Une mobilité à l'appui d'une économie forte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 G\$ de ventes annuelles pour le secteur québécois des équipements de transport terrestre</li> <li>• Augmentation de 25 % des tonnages de marchandises transbordés dans les ports et les centres intermodaux ferroviaires du Québec</li> <li>• Réduction des coûts associés à la congestion pour les entreprises dans les régions métropolitaines de Montréal et de Québec</li> <li>• Réduction de 20 % des dépenses brutes des ménages allouées au transport (en dollars constants de 2017)</li> </ul>

Les priorités d'intervention de la PMD 2030 sont réparties dans cinq dimensions touchant le milieu municipal et les citoyens; les chaînes logistiques et les entreprises; les infrastructures en appui à une mobilité durable; l'électrification et les énergies alternatives; ainsi que le leadership en mobilité durable (MTMDET, 2018 a; voir aussi Copticom, 2018, 17 avril). La dimension 4 vise spécifiquement à « favoriser l'électrification et le déploiement de véhicules écoénergétiques » et elle établit quatre priorités d'intervention pour lesquelles les 13 mesures prévues sont présentées au tableau A.5.

**Tableau A.5 Dimension 4 de la PMD 2030** (tiré de : MTMDET, 2018b, p. 104-106)

<b>Favoriser l'électrification et le déploiement des véhicules écoénergétiques</b>	
Poursuivre les efforts en électrification des transports	Programme Roulez vert (anciennement Roulez électrique)
	Chantiers de la grappe industrielle des véhicules électriques et intelligents
	Poursuite d'initiatives diverses du Plan d'action en électrification des transports 2015-2020 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soutien à des projets d'investissements en électrification des transports</li> <li>• Projets mobilisateurs en électrification des transports</li> <li>• Appui à des projets d'innovation industrielle</li> </ul>
	Application de la norme VZE
Poursuivre le déploiement des bornes de recharge	Soutien à l'implantation d'infrastructure de recharge électrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bornes de recharge rapide le long des principaux axes routiers</li> <li>• Déploiement de la recharge multilogements et sur rue</li> </ul>
Soutenir le développement de différentes formes d'énergies	Étude exhaustive sur les carburants de remplacement selon une approche du cycle de vie
	Soutien à l'installation de station de gaz naturel - Route bleue
	Règlement sur la teneur minimale en carburants renouvelables dans l'essence et le carburant diesel
	Projet pilote de stations multicarburants
Encourager l'utilisation de véhicules écoénergétiques pour le transport des marchandises	Programme Écocamionnage
	Programme Écoconduite
	Programme de gestion de l'énergie dans les parcs de véhicules routiers
	Programme d'aide à l'amélioration de l'efficacité du transport maritime, aérien et ferroviaire en matière de réduction ou d'évitement des émissions de GES

La PMD prend donc en compte le transport des personnes autant que des marchandises et vise à compléter d'autres stratégies et politiques gouvernementales, dans « un exercice de cohérence et d'exhaustivité qui a été mené par le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports dans le dossier » (Copticom, 2018, 17 avril). En incluant les groupes et le milieu municipal comme parties prenantes à une mise en œuvre tenant compte des réalités régionales et en ajustant les investissements « après des décennies de sous-investissement dans les transports collectifs tant urbains que régionaux et interurbains », la Politique aspire à « réaliser le virage vers la mobilité durable » (Copticom, 2018, 17 avril).

ANNEXE 2 - LISTE DES MEMBRES DE PROPULSION QUÉBEC (tiré de : Propulsion Québec, s. d.b)



## INSTITUTIONNELS



## UTILISATEURS ET OPÉRATEURS



## PARTENAIRES INTERNATIONAUX



## COLLABORATEURS



## INDIVIDUS

EV CONSEIL Les Entreprises JPDG inc.

**ANNEXE 3 - GRILLE D'ANALYSE DÉTAILLÉE DES FREINS ET LEVIERS** (inspiré de : Gervais, 2016; WEF, 2019; Propulsion Québec, 2019; communications personnelles avec D. Breton, Y. Hennekens, G. Lamarche, S. Matte, K. Villeneuve)

	<b>Freins et manques</b>	<b>Leviers et acquis</b>
<b>Filière Batteries</b>		
Optimisation des opérations d'extraction des matières minérales	Délocalisation et perte d'emplois Disponibilité limitée de main-d'œuvre qualifiée Résistance aux changements Sécurité des travailleurs, risques liés à la présence d'équipements automatisés Manque d'interopérabilité des systèmes de traitement de données Disponibilité des données à accroître Enjeu de cybersécurité Automatisation plus difficile et dispendieuse dans les mines existantes	Plusieurs ressources d'intérêt Coûts d'exploitation relativement faibles Certifications Prévisions de demande en forte hausse Économie d'énergie et de temps, réduction des GES et des risques d'accident Meilleure rentabilité Prolongation de la durée de vie ou réouverture d'anciennes mines Normes et réglementations environnementales, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement Formation de la relève, du personnel Rabais sur les tarifs d'électricité, programmes gouvernementaux d'efficacité énergétique et de conversion Recherche et développement Adoption d'un code de gestion de risques (ex. : Australie) Amélioration globale des procédés et de génie industriel par des firmes de consultants
Optimisation des opérations de transformation des matières minérales	Pas réellement de manufacturiers au Québec Pas de vision commune des acteurs	Ressources diversifiées et abondantes Expertise Conseil national de recherches Canada Centres d'expertise et de recherche Sous capacité mondiale
Écoconception	Pas réellement de manufacturiers au Québec Pas de vision commune des acteurs	Centre d'excellence d'Hydro-Québec Connaissances existent, applicables Centres d'expertise et de recherche Place pour des stratégies de différenciation
Location	Durée de vie des batteries en hausse Augmente les coûts fixes pour les électromobilistes Enjeux de niveaux d'usure dans les systèmes d'échange	Exemple Renault, stratégie incluse dans le modèle d'affaires Réglementation possible



### ANNEXE 3 GRILLE D'ANALYSE DÉTAILLÉE DES FREINS ET LEVIERS (suite)

	Freins et manques	Leviers et acquis
<b>Filière Batteries (suite)</b>		
Entretien et réparation	Disparité des technologies utilisées Volume encore faible, durée de vie s'allonge Risques liés aux matières dangereuses Peu le font	Formations générales VE depuis 2006 (Saint-Jérôme), en développement continu Intérêt des constructeurs et concessionnaires à démontrer fiabilité, développer le segment
Reconditionnement des batteries pour stockage d'énergie	Besoin d'acteurs pour le faire Conception des batteries doit le permettre Petit gisement provincial <i>Smart grid</i> pas développée Hydro-Québec : projets avec d'autres types de batteries de stockage Systèmes informatiques de gestion complexes Beaucoup de transport requis pour approvisionner Sécurité (matières dangereuses) Peu d'initiatives au Québec Disparité des technologies des batteries Pas de réglementation	Plusieurs technologies de stockage existent Cellules multiples des batteries sont réarrangeables Expertise en recherche et développement : Hydro-Québec, universités Exemples ailleurs (ELSA, Nissan xStorage) Communautés éloignées intéressées Possibilité de coupler avec éolien et solaire
Don et revente	Peu de volume, peu développé Risques matières dangereuses Sensibilité nombre de cycles	Marché de seconde main dynamique (Kijiji et autres)
Recyclage	Approvisionnement, volumes encore faibles Sécurité Développement processus et procédés à parfaire Pas rentable, coûts transports et sécurité élevés	Possibilité de REP Demande prévue en hausse Projets en développement (Lithion)

### ANNEXE 3 GRILLE D'ANALYSE DÉTAILLÉE DES FREINS ET LEVIERS (suite)

Filière VE	Freins et manques	Leviers et acquis
Écoconception de VE modulaires	Besoin de capital patient et de vision à long terme Enjeux de sécurité Initiatives des grands constructeurs Petit marché Ententes commerciales internationales Lobby pétrolier Résistance au changement	Demande croissante mondiale : potentiel d'exportation, directives européennes Expertise provinciale, poss. partenariats canadiens (Ontario) Démonstration territoriale, conditions extrêmes : différenciation : argument de vente Ententes internationales incluent des objectifs environnementaux et de développement durable Programmes d'aide du MTMDET Prix et GES de l'essence à éviter Impératifs et opportunités post COVID-19
Utilisation en partage ou comme service de VE modulaires écoconçus	Résistance au changement, culture de possession d'une auto et habitudes de voiturage en solo Vision court terme répandue Peu ou pas d'exemples Mécanique de fonctionnement à trouver Sous-investissements historiques en transports en commun Territoires étendus, concentrations de population variables Peur COVID-19 et autres infections	Expertise provinciale en économie de partage (Communauto, BIXI, etc.) et en conception de VE d'usage intensif Objectifs de réduction de GES ambitieux, solutions efficaces requises partout, économie de partage ou de fonctionnalité gagnent en popularité. Transformation du marché du travail (COVID-19), changements des besoins de déplacement (fréquence, flexibilité, volumes, etc.) Nouvelle normalité post COVID-19 attendue : levier de changement Possibilité d'offrir mobilité multimodale partout, modèle MAAS Facilité d'inclure systèmes de nettoyage
Consommation et approvisionnement responsables	Manque d'information, ex. coûts nets et environnementaux pour utilisateurs versus véhicules individuels Manque de complémentarité des moyens de transport	Certifications, labellisation Communication, éducation Possibilité d'offrir mobilité multimodale partout, modèle MAAS
Optimisation des déplacements	Besoin d'outils ex. plateforme provinciale Besoins mix moyens de transports	Expertise du secteur des TI Plusieurs initiatives locales et régionales Possibilité d'offrir mobilité multimodale partout, modèle MAAS
Économie collaborative	Habitudes, confort, craintes COVID-19 Pas étendue partout Plateforme incluant toutes les solutions	Baromètre (intentions) Expertise (Communauto) Plusieurs types complémentaires (entre citoyens, flottes, etc.)

### ANNEXE 3 GRILLE D'ANALYSE DÉTAILLÉE DES FREINS ET LEVIERS (suite)

	Freins et manques	Leviers et acquis
<b>Filière VE (suite)</b>		
Location court terme	Proportion de VE dans les flottes pas réglementée	Disponible presque partout
Économie de fonctionnalité	Besoin d'une organisation porteuse Investissements requis Craintes épidémiologiques	Avantage d'acheter l'usage seulement Approche MAAS
Entretien et réparation	Nouvelles technologies, évolution rapide Hors concessionnaires doit se développer Déplacements des centres de profits (différentes composantes à entretenir)	Biens durables : culture de réparation Intérêt des constructeurs et concessionnaires à démontrer la fiabilité et à développer le segment Réseau de l'après-marché développé et dynamique
Reconditionnement, conversion	Surtout des conversions pour le moment, semble limité aux camions légers Pièces et expertise doivent être accessibles	Ecotuned automobile en développement actif Durabilité systèmes moteurs électriques (d'origine ou convertis)
Don et revente	Subventions à l'achat limitées aux VE usagés importés Volumes faibles Valeur demeure élevée	Bonne valeur de revente Marché seconde main dynamique, réseau de revendeurs Coûts d'entretien faibles
Recyclage	Aucun hors batteries	Industrie mature et performante ayant déjà commencé à ajuster ses pratiques

### ANNEXE 3 GRILLE D'ANALYSE DÉTAILLÉE DES FREINS ET LEVIERS (suite)

	Freins et manques	Leviers et acquis
<b>Filière IRVE</b>		
Écoconception bornes	Cultures organisationnelles Résistance au changement	Systèmes simples Peu de composantes REP pour produits électroniques et électriques existe
Écoconception IRVE	Besoins futurs à évaluer (ratios, emplacements) Plusieurs réseaux (privés et publics)	Règlementation Modèles d'analyse de besoins (France) : projections par rapport aux objectifs (ratios) Connaissances du secteur du taxi sont transférables
Économie collaborative	Tarifs et coûts versus la consommation réelle d'électricité : exclusif Hydro-Québec Pas de « droit à la prise »	Possibilités de réglementation ex.: Tarif d'électricité préférentiel fixe pour la recharge de VE, instaurer un « droit à la prise »
Économie de fonctionnalité	Favoriser une compagnie plutôt qu'une autre	Réseaux publics déjà développés (circuit électrique, municipalités) Règlementations et subventions pour employeurs Réseaux privés motivés à développer (différenciation de l'offre)
Recyclage	Pas de données ou de documentation spécifiques à cet aspect trouvés par le biais de recherches faites dans les limites de cet essai	Équipements et technologies simples, similaires aux autres chargeurs Possibilité de REP
<b>Autres stratégies</b>		
Écologie industrielle	Pas de plan provincial Industrie fragmentée dans les régions	Motivation des acteurs, collaboration dans la grappe industrielle Centre de recherche Blainville, Sherbrooke Innopole, Institut du véhicule innovant Trois-Rivières « pôle » bornes
Modèles d'affaires circulaires	Résistance aux changements Modèles méconnus	Communauté active au Québec et dans le monde Synergie Québec, Écoleaders Retombées potentielles non négligeables
Écoconception d'aménagement du territoire	Résistance aux changements Manque de cohérence et de collaboration	Obligations des plans d'aménagement Changements COVID-19 (télétravail, sensibilité au commerce de proximité, etc.) Modèles performants ailleurs